印刷材料

高 晶
江辽东 编

印刷工业出版社

内 容 提 要

本书全面地、系统地介绍了目前印刷工业所用的各种材料，其中包括纸张、印刷油墨、装订材料、感光材料、聚合物、粘合剂、制版金属、字铅合金、胶辊及橡皮布等。对上述各种材料的分类、制造、性能、印刷适性等都做了详尽地介绍。对同一材料的各种类型亦进行了客观比较。

本书知识性强、资料性强、实用性强，可供从事照相、制版、印刷、装订等工作的工人、技术人员、管理人员阅读，也可供印刷院校师生作为教学参考用书。

印 刷 材 料

高 晶
江辽东 编

印刷工业出版社出版
（复外翠微路2号）
人民交通出版社印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
各 地 新 华 书 店 经 售

850×1168毫米 32开 印张：18.5 字数：497千字
1 9 8 7年6月 第一版第一次印刷
印数：1—10,000 定价：4.40元
统一书号：15266·048
ISBN 7-80000-009-5/TS·9

目　录

第一章　制版金属……（1）
第一节　金属的一般性质……（1）
第二节　金属的润湿性能……（4）
第三节　几种制版金属的性质和应用……（6）
一、铜……（6）
二、锌……（8）
三、铝……（10）
四、镁……（12）
五、铬和镍……（12）
六、钴……（13）
七、钢铁……（13）
第四节　金属版的制造方法……（14）
第五节　版材在制作印版时的处理……（16）
一、平版版材的处理……（16）
二、凸版版材的处理……（23）
三、凹版版材的处理……（25）
第六节　金属版材机械性能的测定……（27）
第二章　字铅合金……（29）
第一节　铅、锡、锑的性能及其在字铅合金中的作用……（29）
第二节　合金的性质……（31）
一、合金……（31）
二、合金相图……（36）
三、三元合金（锡锑铅合金）的合金相图……（39）
四、字铅合金的铸造性能……（41）
第三节　字铅合金的分析……（45）

一、字铅合金成分的改变……(45)
二、字铅合金成分分析……(47)
三、合金的快速测定……(50)
四、合金的金相分析……(51)
五、字铅合金杂质定性分析……(52)
第四节　字铅合金的配制……(53)
第五节　字铅合金对人体健康的影响……(55)
第三章　聚合物……(56)
第一节　有关聚合物的知识和性质……(56)
一、热固性和热塑性……(57)
二、聚合物的人工合成……(58)
三、合成聚合物的性质……(62)
四、聚合物在印刷业的应用……(64)
第二节　天然聚合物……(65)
一、纤维素……(66)
二、纤维伴生物……(67)
三、纤维衍生物……(67)
四、天然树脂……(71)
五、蛋白质……(74)
六、淀粉……(78)
七、橡胶……(79)
第三节　合成聚合物……(80)
一、均链高聚物……(80)
二、合成树脂……(90)
第四章　感光材料……(96)
第一节　银盐感光材料……(96)
一、卤化银……(96)
二、明胶……(97)
三、感光乳剂……(98)
四、曝光……(99)

五、显影 ……(101)
六、定影 ……(104)
七、后处理 ……(105)
八、水洗 ……(106)
第二节 非银盐感光材料 ……(107)
一．重铬酸胶 ……(107)
二、重氮化合物 ……(110)
三、感光树脂 ……(112)
第三节 印刷用感光片的结构及性能 ……(115)
一、感光片的结构及物理性能 ……(115)
二、感光性能 ……(121)
第四节 感光材料的生产 ……(141)
一、片基 ……(141)
二、乳剂的制备和涂布 ……(144)
三、感光材料在生产中出现的弊病及其防止方法 ……(148)
第五节 感光材料的分类 ……(149)
一、分类法 ……(149)
二、照相制版感光材料 ……(154)
三、晒版用感光材料 ……(165)
第六节 感光材料的测定 ……(175)
一、感光仪 ……(175)
二、密度计 ……(178)
三、特性曲线的制作 ……(181)
四、感光性树脂感光度的测定 ……(182)
五、感色性的测定 ……(185)
六、颗粒性和颗粒度的测定 ……(185)
七、分辨率和清晰度的测定 ……(187)
第七节 感光材料的贮存及银的回收 ……(193)
一、未曝光的感光材料的贮存 ……(193)
二、制版后的感光材料的贮存 ……(193)

三、银的回收 ……(194)
第五章 纸张 ……(196)
第一节 造纸原材料 ……(196)
一、纤维素 ……(197)
二、木材的结构和成分 ……(201)
三、纤维纸浆的生产 ……(204)
四、筛选、清洗和漂白纸浆 ……(207)
五、非纤维材料 ……(209)
第二节 纸和纸板的生产 ……(213)
一、造纸纸浆的准备 ……(213)
二、造纸 ……(216)
三、纸板生产 ……(223)
第三节 纸和纸板的压光和后期处理 ……(226)
一、压光 ……(227)
二、裁切 ……(228)
三、涂布 ……(230)
四、其它整饰工艺 ……(235)
五、晾纸 ……(236)
第四节 纸和纸板的分类 ……(237)
一、新闻纸 ……(239)
二、凸版印刷纸 ……(241)
三、胶版印刷纸 ……(243)
四、铜版纸 ……(247)
五、凹版印刷纸 ……(249)
六、字典纸 ……(251)
七、其它印刷用纸 ……(253)
八、装订用纸 ……(259)
九、书写用纸 ……(261)
十、其它纸板 ……(263)
第五节 纸张的性质 ……(265)

一、规格 ……(265)
二、厚度 ……(268)
三、紧度 ……(268)
四、机械强度 ……(269)
五、平滑度 ……(273)
六、两面性 ……(274)
七、光学特性 ……(275)
八、含水量 ……(280)
九、温度 ……(281)
十、尺寸稳定性 ……(282)
十一、卷曲性 ……(283)
十二、吸收性能 ……(284)
十三、酸碱性 ……(286)
十四、纸的印刷性能 ……(287)
第六节 纸和纸板的测试方法 ……(289)
一、测试方法综述 ……(289)
二、试样的采取 ……(291)
三、湿度和纸张的测试 ……(293)
四、纸张的测试方法 ……(295)
第六章 印刷油墨 ……(338)
第一节 颜料和染料 ……(339)
一、炭黑 ……(342)
二、无机颜料 ……(343)
三、有机颜料和染料 ……(348)
第二节 连结料与助剂 ……(352)
一、油脂 ……(352)
二、树脂 ……(356)
三、溶剂 ……(368)
四、增塑剂 ……(370)
五、干燥剂 ……(371)

六、其它辅助剂 ……(373)
第三节 油墨的制造 ……(374)
一、准备 ……(374)
二、配料 ……(375)
三、搅拌 ……(376)
四、轧墨 ……(376)
五、检验及装桶 ……(380)
第四节 油墨的干燥方式 ……(381)
一、氧化结膜型干燥 ……(381)
二、渗透干燥 ……(384)
三、挥发干燥 ……(386)
四、潮致干燥 ……(387)
五、其它干燥方法 ……(388)
六、多种方法相结合的干燥方式 ……(390)
第五节 油墨的分类及性能 ……(394)
一、凸版印刷油墨 ……(395)
二、平版印刷油墨 ……(405)
三、凹版印刷油墨 ……(410)
四、丝网印刷油墨 ……(414)
五、其它油墨 ……(419)
第六节 油墨的性能 ……(428)
一、油墨的流动性能 ……(429)
二、油墨的光学性能 ……(435)
三、油墨的耐抗性能 ……(438)
四、油墨的其它性能 ……(439)
第七节 印刷油墨的测试方法 ……(440)
一、流动性的测试方法 ……(443)
二、印刷适性的测试方法 ……(454)
三、印刷品性能的测试方法 ……(456)
四、油墨其它性能的测试方法 ……(466)

第八节　油墨的贮藏 ……(469)
第七章　胶辊和橡皮布 ……(470)
第一节　胶辊的种类 ……(470)
一、皮革墨辊 ……(472)
二、硫化油辊 ……(473)
三、明胶辊 ……(475)
四、天然橡胶辊 ……(482)
五、合成橡胶辊 ……(485)
六、液压铸造的氯丁橡胶辊 ……(488)
七、塑料辊 ……(488)
第二节　胶辊的选择 ……(495)
一、凸版印刷胶辊 ……(497)
二、平版印刷胶辊 ……(498)
三、凹版印刷胶辊 ……(499)
四、柔性版印刷胶辊 ……(500)
第三节　辊子的贮藏和使用 ……(501)
第四节　胶印水辊 ……(503)
第五节　橡皮布的结构与种类 ……(507)
第六节　橡皮布的基本特性 ……(512)
第七节　橡皮布的使用和贮存 ……(515)
第八节　包覆材料性能的测定 ……(520)
第八章　装订材料 ……(529)
第一节　封面材料 ……(529)
一、纸张 ……(529)
二、纸板 ……(530)
三、纺织品 ……(530)
四、经涂布加工的装订用布 ……(538)
五、经涂布处理的封面用纸 ……(540)
六、非织物封面材料 ……(542)
七、塑料 ……(543)

第二节　皮革 ……(543)
第三节　缝订材料 ……(547)
一、线 ……(547)
二、金属丝 ……(548)
三、热熔线 ……(549)
第四节　烫印材料 ……(550)
一、金属箔 ……(550)
二、电化铝箔 ……(551)
三、粉箔 ……(553)
四、色片 ……(554)
五、烫印胶粘剂 ……(554)
第五节　装订用其它材料 ……(554)
一、纱布 ……(554)
二、堵头布 ……(555)
第九章　粘合剂 ……(556)
第一节　粘结机理 ……(556)
第二节　对粘合剂的要求 ……(558)
第三节　粘合剂的种类 ……(561)
一、动物胶 ……(563)
二、干酪素胶合剂 ……(564)
三、淀粉基粘合剂 ……(565)
四、天然树脂粘合剂 ……(567)
五、纤维素类粘合剂 ……(568)
六、橡胶基粘合剂 ……(569)
七、无机粘合剂 ……(569)
八、合成树脂粘合剂 ……(570)
第四节　粘合剂的性能和测试 ……(573)
一、粘度 ……(573)
二、粘性 ……(575)
三、涂胶时限 ……(576)

四、粘合剂凝固时间 ……(577)
五、干燥时间 ……(577)
六、粘结强度 ……(577)
七、胶膜弹性 ……(578)
八、装订适性 ……(578)

第一章　制版金属

金属在印刷工业中是必不可少的一种材料。它除了用于制造印刷机械外，还用来制作印版。另外金属有时还用作承印材料，例如：铝箔、马口铁等等。一般的金属印版或凹印滚筒是由铅合金、锌、铝或铜所组成。它们通过机械铸造、雕刻或化学处理形成印版。印版的表面还可以通过电镀一层较硬的金属来提高耐印力。在这一章中我们仅讨论以单金属形式出现的一些制版金属的性质，字铅合金将在下一章中论述。

金属虽然多达80种以上，但具有印刷所需性质的却很少。在一般情况下制版金属应当具备可锻性、可铸性、一定的强度、一定的耐磨性和具有必要的金属结晶结构等性质，而印刷工艺和制版工艺则对金属提出了进一步的要求。例如：要有较好的热稳定性和较好的被蚀刻性及表面亲合性，还要求具有一定的使用寿命和最低的价格。具有上述性质并已在制版中广泛应用的金属有铜、铝、锌、镁、铅等。另外金属镍和铬也常用作印版表面电镀材料，以提高印版耐印力。

第一节　金属的一般性质

在分别介绍这些金属之前，我们首先对它们的一些较重要的基本性质进行比较。

比重：表 1-1 中列出了各种金属的比重。其中比重最大的是铅（11.4），铅凸版的重量很大，主要就是由于版中含有大量的铅造成的。这给凸印机设计带来了一系列的问题。与铅相反，铝和镁则属于轻金属。铝板便于处理这个特性给平印工艺的飞速发展提供了基础。金属的比重通过机械处理的方法可以略微有所增

8710674

表1-1　　几种金属的比重

铜	铝	锌	镁	铬	镍	铅
8.9	2.7	7.1	1.7	7.1	8.9	11.4

加。例如：通过滚压和锻打，铝的比重可以从原来的2.58提高到2.69。

熔点：几种金属的熔点如表1-2所示。

表1-2　　几种金属的熔点(℃)

金　属	铜	铝	锌	镁	铬	镍	铅
熔　点 (℃)	1083	660	419	650	1875	1455	327

铅的熔点较低，而铅又是字铅合金中最主要的成分，所以字铅合金的铸造性能很好，适于凸版制版工艺的要求。锌的熔点也较低，但温度在200℃以上时锌的机械强度会急骤下降，这对制版是很不利的，因为有时在制版过程中需要进行烤版，用以提高曝光后感光涂层的机械强度和抗腐蚀性能。镁也存在同样的问题。当镁被加热到300℃时，它的硬度会大大地降低。这点我们在后面还将谈到。

硬度：印版表面的耐磨性能与其硬度有直接的关系。在凸印印版中硬度的重要性就更为明显了。

表1-3　　几种金属的硬度

金　属	铜	铝	锌	镁	铬	镍	铅
布　氏 硬　度	35	24	31	33	100	100	4～6

在印刷过程中由于印刷压力的作用，印版的表面硬度会有所增加，但与在制版过程中硬度的减小相比，这个增加量是很小的。根据英国印刷工业研究会在二回转机上所做的实验，可以看

到它们之间的关系（表1-4）。

表1-4　　制版和印刷中金属硬度的改变

操　　作	硬度变化量（%）		
	铜	镁	锌
①制　　版	-2.6	-23.2	-5.3
②89000印次	-2.3	+0.6	+0.8
③增加压力后再印61000印次	+3.3	+1.4	+0.3
经②③操作后的结果	+0.9	+2.0	+1.1

同一实验还表明：如在制版过程中温度达到300℃，则镁的硬度将下降15%，锌下降12%。铜的硬度在这个温度下并不受太大的影响，而在400℃以上时铜的硬度才开始出现较大变化。所以在烤版的过程中必须严格控制烤版温度和尽可能缩短烤版时间。铜的安全温度为400℃以下。镁最高不得超过250℃。锌的安全温度则更低，仅为200℃。所以锌版在印刷过程中应尽量不使印版的温度超过80℃，这是延长锌版寿命的重要手段。

任何金属的机械、物理、化学性质在很大程度上取决于金属的纯度。一般来讲，合金的性质都要比纯金属好得多。从硬度、抗拉伸强度、金属结晶结构、耐腐蚀性等各方面来说合金均优于纯金属。所以在制造各种版材时，往往有意在一种金属中多少加入一些其它的金属，以满足制版的特定需要。例如在制作印版的锌中加入的元素有：铅、镉、铁、铜、镁、镍、钠等，而这些元素合计不超过1%。铜中也要加入微量的镍、镉、银等。镁中则加锌、铝、锰、钙、铁等。

当然金属的机械性能与加工方法也有很大关系。例如：铜的硬度随滚压加工会大大提高。关于金属板材的制作方法在本章其它部分还要论述。

第二节　金属的润湿性能

近年来，平印在印刷工业中所占有的地位越来越重要。平印采用金属做版材是基于不同的金属对水和油的浸润难易不同这一原理而发展起来的。例如：有一种称为平凹版的印版，其图文部分是由一层坚硬的聚合物涂层(清漆)组成的，它“亲油”而“疏水”。而空白部分则是磨过砂目的锌，它的表面是“亲水”的。在覆盖上一层很薄的水膜之后，因水墨相斥就不会再吸附上油墨了。另一种形式的平版是双层（或多层）金属版。它的图文部分和空白部分是分别由“亲油”和“亲水”的两种金属组成的。这是平版印刷的一般原理（图1-1）。

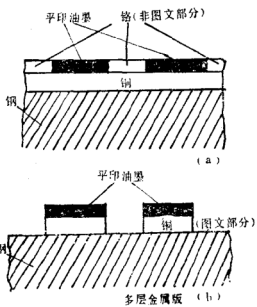


图1-1　组合金属平版

平版印刷过程中的金属相对润湿度可通过对接触角的测量而获得。当一滴液滴与固体表面接触时，它可将表面润湿而在表面上完全铺开，也可不浸润固体表面而形成有特殊形状和接触角的小液滴（图1-2）。接触角的测量使液体润湿固体表面的能力可用数据来表达。由于平印过程中往往是两种互不溶合的液体同时存在的，所以要测量某一液体和金属的接触角必须在第二种液体存在的情况下进行测量。具体的测量步骤是：首先将金属版浸入水中，然后在金属版下用滴管滴入一小滴油。再将这滴油的形状用灯光投影到屏幕上，这样就可以测得它的接触角了（图1-3）。在测量表面亲油性时液滴往往是选用有机油脂类，如蓖麻油、亚麻仁油和石蜡等。这是因为它与大多数平印调墨油的表面化学性质

相似。经过实验我们将所测得的金属的“亲油”性质从大到小排列于表1-5中。此表形成一个平印的金属系列。其中锌是最亲油的，其界面接触角仅为30°。

理论上我们希望双层金属版是由表中相隔比较远的两种金属来形成，一种是靠近表的顶部的金属，可用作亲油的图文部分。一种是接近表的底部的金属，可用作亲水的非图文部分。实践中我们也采用的是这样的结合。如铜和铬、以及铜和不锈钢（图1-1）。

金属的平印性质因其表面化学处理的不同可大为改善。例如，尽管铝在平印系列表中位置很低，其亲水性

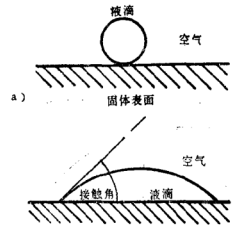


图1-2 液体对固体的润湿度

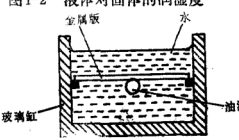


图1-3 界面接触角的测量

表1-5 平印用金属系列表

金属	界面接触角	
	带氧化膜金属	去除氧化膜金属
锌	30°	30°
银	64°	50°
铜	77°	60°
黄铜	86°	75°
镍	100°	83°
不锈钢	110°	86°
铝	140°	50°
铬	150°	107°

质使它更适宜做空白部分的金属。然而从它的表面去除氧化层后，其接触角可减至50°，而变得相对亲油了。

第三节　几种制版金属的性质和应用

一、铜

铜在印刷业中是最好的材料。它既可以用作凸印，也可以用作平印和凹印的印版。在凸印中它能制成极细的线条和网目版。在凹印中一般用来制作凹印滚筒的表面。而在平印的双金属版中，铜也是用来作为“亲油”的金属使用的。它在印刷业中的应用还不止于此。它还可以用于制作字模和复制铅版的电铸版。在钢辊表面镀一层铜，还可以改进墨辊的亲油性能。

铜的最突出的优点是它具有极好的导电性和导热性。这一点它仅次于银。铜可以电解沉积在另一种金属上而形成可厚可薄的覆层。凹印滚筒就是在钢制辊芯上镀上一层铜而制成的。电镀覆盖层的物理性质随着电解液浓度、电流强度和液温等条件的变化而变化。

铜的可塑性很好，可以制成薄于50μm的薄片或直径小于25μm的导线。铜的晶体结构很细密，因此可以用化学腐蚀和机械雕刻的方法制成凸版中细小的凸出的网点或凹版中的同样细小的凹下去的小坑。铜的硬度较低（表1-3），实际的使用寿命很大程度上取决于操作条件，例如印刷压力等。如果必要的话，可在表面镀一层较硬的金属（如铬）来提高其抗磨损的性能。

在金属平印系列中铜的位置较高，它的亲油性能较好，这个特性使它适宜作为双层金属版的图文部分（图1-1）。铜的亲油性质在印刷中还有另外一个用途，采用薄的铜覆盖层可改善凹版图文的耐磨性和对油的亲合力。

铜的抗氧化能力很好，主要是因为它形成的氧化膜与铁合金形成的锈不同，这层氧化膜并不吸收水份。但如果将铜制物品长时间暴露在含有二氧化碳和其它酸性气体的大气中，那么这层氧

化膜会转变为硫化物或成分复杂的、主要是由硫酸铜和碳酸铜组成的绿色覆层。

浓硫酸和浓盐酸对铜的影响很小，但硝酸可以腐蚀铜。在凸印和凹印制版时一般采用三氯化铁作为铜的腐蚀剂。三氯化铁虽然是盐，但其水解后可变成酸性极强的溶液。

$$FeCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3HCl$$

三氯化铁　水　氢氧化铁(弱碱)　盐酸(强酸)

用于腐蚀铜的溶液，其酸性都很大。使用三氯化铁的优点是：反应中没有气体产生。如果反应中有气体产生，金属表面会附着许多小气泡，可能会阻止腐蚀液与金属表面的接触，从而减慢了腐蚀的速度。

铜与三氯化铁之间的化学反应性质比较复杂，但它可用下面两个化学方程式简单表示：

$$2Cu + 2FeCl_3 = Cu_2Cl_2 + 2FeCl_2$$

$$Cu_2Cl_2 + 2FeCl_3 = 2CuCl_2 + 2FeCl_2$$

这是个氧化还原反应，铜先被氧化成一价铜(Cu^+)，然后再氧化成二价铜(Cu^{2+})。在氧化反应发生的同时，铁离子(Fe^{3+})还原成二价铁(Fe^{2+})。

图1-4所示为在氯化铁与铜的反应过程中不同离子浓度的变化曲线。随着铜不断地被腐蚀，三价铁离子(Fe^{3+})含量迅速地几乎是线性地减少，大约在铜理论腐蚀量的50%时三价铁离子浓度已经很低了。二价铁离子浓度恰与三价铁离子相反，其增加的速度与三价铁离子减

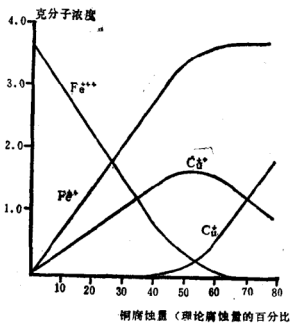


图1-4　铜腐蚀时离子浓度的变化曲线

少的速度相等。而二价铜离子（Cu^{2+}）浓度随腐蚀的进行不断增加，在铜的腐蚀量为50%时达到最大值，然后慢慢下降。一价铜离子(Cu^{+})在腐蚀开始时浓度小得可以忽视，直到超过腐蚀量的50%时才逐渐增加。虽然铁离子（Fe^{3+}）在腐蚀铜的时候起主要作用，但铜离子(Cn^{2+})在开始时也起了一定的作用，且当腐蚀量达到35%之后，实际上它起的作用更为重要（图1-5）。

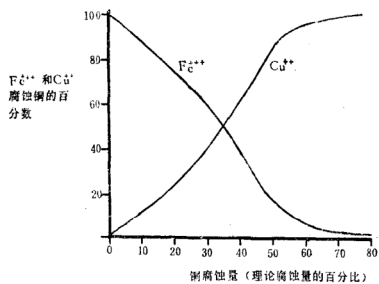


图1-5　铜腐蚀时铁和铜离子的作用

二、锌

锌一般用于制作凸印线条版。制作网目版时一般用铜，但也常常采用锌。过去锌一直是重要的平印印版材料，但今天，很大一部分平版都采用铝版了。

我们已经谈过，锌的熔点很低，而且在200℃以上的高温下它的机械性能会急骤恶化，热稳定性差，因此锌的制版工艺要求很严格，也很难保证印版质量。锌在常温下是发脆的结晶体。但在120～150℃时，锌变得柔韧而可轧成薄板。当到200℃以上时，它比常温下更脆，甚至可以压成粉末。将锌与铜放在显微镜下观察比较其表面，我们可以发现锌的结晶结构比铜要粗糙的多，这就是为什么不得不采用价钱较高的铜来制作精致的线条版和网目

版的主要原因。五十年代末期发展起来的用于无粉腐蚀的锌合金比普通锌的晶体结构要细得多，称为微晶锌版。微晶锌板含有少量的铝和镁，能使晶粒细化至10～15μm，以保证腐蚀后版面细致。它的腐蚀几乎和镁一样快。这种微晶锌版在200℃的温度下，结晶不发生变化，因此硬度和机械强度基本上可保持不变。这个性质与铜版相比就毫不逊色了。它可以保证在红外线烤漆、烘版等工序中晶粒不致长大而使材质变坏，这种锌版与普通锌版可以进行一个比较。普通锌版从化学成分上说锌占99.0%以上，铅不大于0.50%，镉不大于0.50%，铁在0.25%以下，镍和镁的含量都少于0.20%，普通锌版在130℃以上会引起再结晶。而就XI_2微晶锌版而言，锌含量为99.7%以上，铝为0.02～0.10%，镁为0.05～0.15%，铁为0.006%，铅为0.005%，镉为0.005%（GB1977-80）。它在250℃之下不会再结晶。它们的拉伸强度和硬度随温度升高而引起的变化我们可以从图1-6中比较出来。

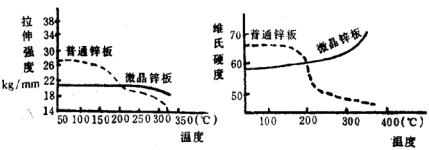


图1-6　普通锌板与微晶锌版性能比较

锌的强度与铝差不多，但弹性稍差。如果将相同的铝条和锌条悬挂起来，加上相同的重物，两者的伸长是相同的，但是除去重物之后铝几乎可以完全恢复原状，而锌却不能恢复原状。对750×1000 mm的锌版进行长期压印，在滚筒的圆周方向锌版将伸长3～6 mm。在大气中水蒸气含量很低时，锌和氧的反应很慢。随着空气中湿度的增高，反应就大大地加快了。如果锌版表面粘一层水膜，氧化反应就比干的锌版进行的迅速得多。表面形成的氧化膜虽然可以多少阻止氧化的进一步进行，但这必须是在空气中没有酸性气体的前提下，而工业大气是无法避免这些酸

性气体的。工业大气中的 CO_2 和 H_2S 气体会溶解在水膜中形成很稀的酸。而锌氧化膜的保护层很容易被这些稀酸溶解掉而加速锌的进一步氧化。而且锌版在与含有二氧化碳的潮湿空气接触时，将生成一层碱性碳酸盐。

$$4Zn + 2O_2 + 3H_2O + CO_2 \longrightarrow ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2$$

因此在这样的条件下，锌的腐蚀要一直进行下去的。避免锌版氧化的关键是保持干燥。在磨版和制版后都应尽可能地将表面干燥。将版面面对面地叠合起来，当中衬上一张不带酸性的衬纸，贮存在低湿度的房间中。

锌很容易受稀盐酸、稀硫酸或稀硝酸的侵蚀。锌越纯则反应越慢。锌与盐酸和硫酸反应放出氢气。但与硝酸反应则不同了，这个反应决定于酸的强度。腐蚀锌版所用的溶液是约为10%的硝酸，反应后主要生成硝酸锌和一氧化氮气体：

$$3Zn + 8HNO_3 = 3Zn(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$$

如果硝酸浓度更低，则没有气体放出，而只生成硝酸铵和硝酸锌：

$$3Zn + 8HNO_3 = 3Zn(NO_3)_2 + 2NH_4NO_3$$

如果用的是浓硝酸，那么反应将放出棕色烟雾状二氧化氮气体：

$$Zn + 4HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2\uparrow$$

对平凹版进行很轻微的腐蚀可以使用含有氯化钙、氯化锌、三氯化铁和盐酸组成的混合溶液。三氯化铁和盐酸都能腐蚀锌：

$$Zn + 2FeCl_3 = ZnCl_2 + 2FeCl_2$$

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow$$

在制版时常用氢氧化钠和氢氧化钾除去蛋白版上的图形及基漆，但锌与强碱长时间接触会发生反应，生成水溶性的锌酸钠：

$$2NaOH + Zn = Na_2ZnO_2 + H_2\uparrow$$

这一点在制版时也要引起注意。

三、铝

铝在印刷工业中也是非常重要的材料之一。它有几个用途：在平印中它是主要的版材；由于铝合金轻且具有一定强度，因此

在印刷设备中是很重要的材料。例如印刷机中尺寸较大，运转速度较高的偏心机构、往复机构常采用铝合金，以减少惯性力和冲击力。在排字车间也常采用铝制品。另外铝箔又是很重要的包装材料和承印材料。

铝在一百年前还是非常贵重的金属，但在今天，世界上的金属产量中它仅次于钢铁居第二位。铝之所以能够这样迅速发展，主要还是因为它有许多优良的性质。与其它材料相比，它的比重很低（表1-1），虽然纯铝的机械强度不是特别高，但铝合金强度则很高。它的延展性好，可轧制厚为50μm的箔片，它的质地相当软，重量轻。因此铝及铝合金取代了许多其它金属而得到广泛的应用。

铝能轧成挠性很好的平版版材。由于铝的颜色比锌浅，因此观察版面的图象更容易。铝和锌版都可以经过磨砂目而改善其亲水和亲油的能力。经过制版就可以获得亲水和亲油这两种表面性质。在上述两种材料中，铝能够获得更细一些的砂目。

铝还有一个很突出的优点是它能够保护自己不受大气的腐蚀。它是活性金属，在空气中表面能够迅速生成一层氧化膜。虽然这层氧化膜很薄，但它足够坚硬、致密并牢固地附着在表面上。这样就保护了下面的铝不会进一步被氧化。顺便说一下，这层氧化膜给铝的焊接带来困难。

氧化膜还可以通过阳极氧化的方法增厚至15μm。阳极氧化的方法是将铝悬吊在含有铬和硫酸的溶液中，然后通以电流。氧逐渐从溶液中释放出来，与铝产生反应，在表面形成一层氧化膜。在反应条件不同的情况下，生成的氧化膜也不同。可能是松软的灰色覆层，也可能是较耐磨损的和耐腐蚀的硬而发亮的透明膜。这后一种就是通过阳极氧化的方法而获得的平印铝版。

我们已经知道铜是疏水的，而铝是亲水的。铝对水的亲合力比锌还要好。对油的亲合力则比锌差，这点在平印中很重要。在其它条件都相同的情况下，印刷时铝版比锌版更不容易脏版。换句话说，印刷时铝版的用水量比锌版要少。这证明氧化铝为铝提

供了亲水的表面，因此必须尽量避免铝版表面受到化学的或机械的损伤。金属经过化学处理能够改变表面亲合力，例如：铜的疏水性能可以通过特殊的化学处理而变为亲水。

铝能与盐酸持续反应而放出氢气，和硫酸反应就慢得多，和硝酸反应则非常微弱。用于腐蚀铝基平凹版的腐蚀液含有三氯化铁、氯化铜和盐酸。

四、镁

由于国外对镁版的使用很广泛，因此本书也对镁版作出介绍，以供比较。

镁可以称为金属中的轻量级冠军。因为它在低比重的金属中却有其它轻金属所没有的相当高的强度。在镁中掺进少量的其它金属可使镁的强度提高两倍，甚至三倍。镁合金的出现使喷气式飞机的迅速发展成为可能。在印刷工业发展中镁也起过作用，在制版金属中占有它应有的地位。采用镁来制作凸印线条版首先使用了无粉腐蚀新工艺。这一技术后来在制铜版和锌版时也得到了成功的应用。镁是比较脆的金属，化学性质比较活泼。它的腐蚀速度比锌要快。这在制版中是个优点，但在贮存和使用印版时却又必须加以注意。镁可以和稀酸和几种盐溶液起反应。与铝和锌不同之处是它在碱中相当稳定。镁可迅速地被硝酸腐蚀。

谈到镁，人们总是会联想到镁在燃烧时的明亮的白色火焰。而镁作为印刷版材却觉得不可思议。其实镁只有在熔化时与大量的空气接触才会燃烧。因此镁只有在极细的粉末状态下才适于燃烧，例如某些焰火中含有大量镁粉。

五、铬和镍

这两种金属的突出的性质是它们的耐腐蚀性能、高硬度和表面的高光洁度。它们主要用作其它金属合金的组分或是其它金属表面的薄镀层。例如：不锈钢中含有18%的铬和8%的镍，不锈钢就具有突出的防腐蚀性能，并且强度、韧性都有所提高。不锈钢

也是平印双层金属版的成分之一。为了改善印版表面的抗腐蚀和耐磨能力，可以在铝版、电镀版、双层金属版以及凹印印版和印版滚筒、压印滚筒和水辊等表面镀上一层铬或分两次镀上镍或铬。

六、钴

钴也可以用来电镀双金属版，用其改善印版表面的性质。钴是一种银白色金属，比重为 8.9 g/cm³，熔点是1495℃、沸点2900℃。钴在常温下活性很小，几乎不受湿空气、水、碱和有机酸的影响。在稀硫酸和稀盐酸中溶解得很慢，由于钴的表面可产生不溶于酸的氧化膜，因此钴在强硝酸中反应倒是不激烈，而在稀硝酸中会反应生成硝酸钴。

七、钢　铁

钢铁不仅可以用来制作印刷机械，而且在制版金属中也是重要的一员，平印制版中常用不锈钢板材和低碳钢板材制作双金属版的版基，在凹版中用作凹印滚筒的支持体，在凸印制版中，在铅版上电镀上一层铁，以增加铅版的耐印力。铁也是装订用镀锌铁丝的主要成分，在印刷中使用铁真不是件稀罕的事。

铁是用磁铁矿、赤铁矿等矿石冶炼而来的，其中常含有不少杂质，这使得铁易与水和空气起反应，而生成氧化亚铁、氧化铁和氢氧化铁，这使得铁的使用受到了一定限制。

铁与稀硫酸反应生成硫酸亚铁，硫酸亚铁是绿色的，又称绿矾，可用作颜料：

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$$

铁与盐酸反应生成氯化亚铁，如继续反应可得到三氯化铁，三氯化铁是凹印制版和凸印制版常用的腐蚀剂：

$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$$

$$2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$$

在铁中加入合金元素对铁的各种性能产生很大影响。如加入

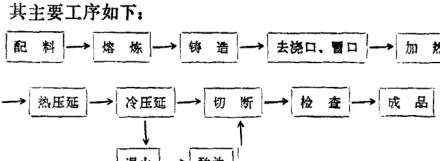
锰的钢铁耐磨性提高，加入硅能提高钢铁的硬度、强度和弹性，加入铬能提高钢的硬度、强度和耐磨性，如果铬的含量高，还能保证钢不生锈，加镍也能提高强度和塑性，镍钢也是不锈钢，还能耐高温。加钴也能使钢耐高温，加钨能提高硬度和强度，加钒则能耐高温、防锈，强度也能提高。

将低碳钢轧成板材可用于制作多层金属版的版基，钢板材的强度较高，装版时在印版滚筒上弯曲 90° 不会损坏，耐印力也很高，经济上也很合算。低碳钢版材含碳量为 0.08—0.10%，硅 0.08% 以下，磷 0.02% 以下。其中含的磷可阻止金属再结晶而提高了板材的强度。轧制后一般经退火，有较高的强度，但流动性也有所增加，这对制版的尺寸稳定性来说是不利的。

由于低碳钢易腐蚀生锈，因此现在多用不锈钢板材代替。不锈钢板有铬钢板和铬镍钢两种。铬钢是低铬合金钢，含铬为 13%，价格比较便宜，铬镍钢含铬18%，含镍为 9%，加入铬和镍不仅提高了防锈的能力，而且也提高了钢材的硬度和强度，且有足够的韧性和塑性。

第四节　金属版的制造方法

印刷中作为版材的金属板都是经过压延制造出来的。虽然各种不同金属板的加工略有区别，但总的原理和制作过程都是一样的。其主要工序如下：



我们知道印版多为合金材料，各种金属按一定配比熔炼后首先注入铸模制成铸件，冷却后将浇口和冒口用机械加工方法除

去，以去掉杂质和缺陷。然后重新对铸件加热至可压延温度，用压延机进行热压延，也就是粗压延。其后还要进行冷压延。冷压延可以使版材达到必要的尺寸精度（厚度）和表面光洁度、平整度。由于金属的冷作硬化作用，冷压还可以提高版材的表面硬度。通常使用的压延机有许多种类，如二级、三级、四级压延机，它们的压辊排列如图1-7所示。当然冷压延不是通常所理解的常温下的压延，而是金属在冷退过程中各种不同温度下的多次压延。在冷压延的过程中通常还要进行退火和酸洗处理。最后的工序是将版材裁切成适当的尺寸规格，经过检查就可以成为合格的成品了。

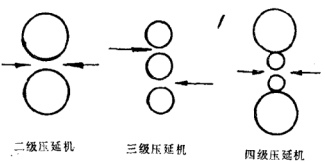


图1-7 各种压延机示意图

按以上工序的安排，我们对版材的内部结构进行分析。铸造后的金属内部是粗糙的结晶组织，这种组织称为初结晶。金属在重新加热后在保持固态状态时有一个临界温度，在这个温度下金属内部会重新结晶，这被称为再结晶。而热压就是利用了金属再结晶的性质。对再结晶进行控制可以大大改善金属内部结晶结构，使晶粒细密。然而再结晶温度过高过长，再结晶晶粒又会慢慢生长粗大而影响版材使用寿命。所以在印刷过程中要特别注意不使印版超过它的限制温度，也就是它的再结晶温度。在压延中金属内部的晶粒还会被压成又细又长的纤维状组织，从而加强了印版的机械强度，但减少了延展性。这样就提高了印版的使用寿命，减少了压印变形。这些无疑对印刷是非常有利的。

金属的冷作硬化和再结晶温度也有一定的关系。一般来讲，金属冷却加工程度越高，其再结晶的软化温度就会越低。这种现象纯金属又比合金来的显著。另外冷作加工与再结晶的晶粒大小也有一定关系。冷作加工程度越低，再结晶后的金属晶粒会越大。可见冷作加工对金属版材的性质有较大影响。其中最主要的

问题是要采用适当的加工过程，以尽量提高再结晶温度。

金属版材的质量要求：版材必须平整、没有凹坑、擦伤、裂缝、折叠或伤痕等局部缺陷。版的厚度小于 0.5 mm 时，其误差不得超过 ±0.025 mm。厚度大于 0.5 mm 时，其误差不得超过 ±6%。版材的四边应平滑，相互垂直。

第五节　版材在制作印版时的处理

一、平版版材的处理

经过压延制得的版材表面是光滑的。光滑的铝板和锌板能够附着油墨，却几乎完全不能被水润湿。在一块光滑的金属板上，水分往往结成水珠，这说明光滑的金属板润湿效果不佳。但是，当金属版表面变得粗糙后，其表面面积增大，润湿性能也就得到改善。

使平印印版表面变得粗糙的操作称为表面粗化处理，而把粗糙的表面凹痕称为砂目。这一过程不仅能够改善印版表面被水润湿的性质，还可以通过表面的粗化使阿拉伯树胶等胶膜附着更牢固。同样，砂目对感光胶的涂布也是极为有利的。如果印版不易被感光胶液所湿润，那么感光涂层就不易涂布均匀。另外磨版还能磨去版上原有的图文，这样，用过的版材还可以再加以利用，降低了生产成本。

对于铬和不锈钢等版材，即使表面很光滑，被水润湿的性能也很好，但通过表面处理可以更好地控制这类版材的润湿性能。

砂目的粗细并没有太严格的规定，各个厂家都有自己的标准。现在一般认为砂目以尽可能细，尽可能深为好。要求砂目的峰面都在一个平面上，而谷底都尽可能深浅一致，砂目表面要充分清洁。不管选择哪一种砂目，每块版的砂目规格都应保持相同。否则会因砂目粗细不同而使感光液的涂布量产生变化，造成在曝光量相同的情况下其感光灵敏度不同，最终致使图象质量得不到保证。另外，砂目的粗细不同，印刷时所需的水分也不同，

水分掌握不好印版就可能粘脏，印刷的质量就无法得到保证。对平版印刷质量、故障进行分析，90～95%的原因直接或间接地由砂目造成，可见表面粗化处理是何等重要了。

胶印平版的表面处理方法很多，归纳如下：

1.机械磨版：最早的使锌板或铝板表面粗糙的方法是用湿砂子在板面上摩擦。最初是用手工进行的，先用稀酸液除去板面上的杂质，然后用浮石粉在板面上摩擦。后来为减轻工人劳动强度，就发明了磨版机，这是一个能向前后左右移动的浅盘状平面，后来又改为旋转的磨盘，将金属版材固定在盘上，然后在其上覆盖上弹球和砂子，随着磨盘旋转，弹球和砂子就在金属表面压出凹坑，使平滑的表面粗化。最初的弹球是玻璃、木质或瓷质的，磨砂也用的是河砂、浮石粉，后来逐渐采用一些硬度较高的矿砂，如碳化硅、二氧化硅和石英砂等。磨版机也不断得到改进，但磨版方法没有多大改变。

这种机械表面粗化方法，直至数年之前在印刷业中还得到广泛应用，其在技术上也达到完善的程度，质量上也令人满意。不过这种磨版方法费时多，劳动强度大，只能研磨单张铝版，而不能研磨卷筒状铝带板。

磨版的操作方法简述如下：先将金属版材固定在磨盘上，四边用档条夹紧；将用水冲洗过的弹球慢慢滚入低速开动的磨盘中，加入适量的润滑剂，以防止版面氧化；然后加快磨盘旋转速度，分几次往磨盘中撒入所需的磨砂。待版磨好后，让弹球回到球槽，用水冲洗磨盘和金属版，并将磨好的版取出清洗干燥，以防版面腐蚀，对版面用硫酸铬或氟酸铬处理，可延长储存时间。

为了提高工作效率，提高机械化的程度，有人尝试用喷砂机对版面进行处理，但由于表面粗化的效果不如磨版机的效果，而且喷出的砂粒很容易嵌入比较柔软的铝表面，其在晒版前和晒版时不易除净，这样，砂粒会在制版和印刷过程中脱落，其所留的深洞会造成墨点，势必影响印版的质量和使用寿命。

不过现在有些用阳极氧化处理的版材，有时也先用喷砂磨版

的方法粗化表面，然后在阳极氧化时将印版上的杂质除去。如日本富士 FPM 印版就采用这样的操作工艺。

由于各种金属的硬度和润湿性能各不相同，金属版材的磨版步骤也有所不同。例如铜镍合金和不锈钢等版材，硬度很高，即使是磨很细的砂目也是很费事的，需要强有力的研磨才能获得较理想的砂目。相反，锌和铝质地比较软，研磨起来就容易多了。从润湿性来说，铝的润湿性较好，因此铝的砂目可以磨得比锌更细。而铬和不锈钢等版材润湿性很好，实际上，不经研磨就可用来制版印刷。

平印用的版材因材料不同，磨版时应特别加以注意。

铝是平印中常用的版材，因其质地较软，磨版时尖锐的磨砂粒易嵌入版面。印刷时在墨辊和橡皮布的作用下，嵌入的砂粒脱落，使印版上出现许多接受油墨的小坑。这就会严重影响图文的质量。

锌版的研磨工作比铝版还困难。在研磨时弹球容易滑动，而使版面产生划痕。但砂粒不象在铝版上那样容易嵌入版面。锌版和铝版的硬度从测量来看差不太多，但研磨起来却大不一样。有人认为原因是由于这两种金属在结晶时形成的晶格不同而引起的。铝的可塑性比锌好，因此它的研磨特性也比锌要好。

不锈钢有好的韧性，因此就给磨版造成一些麻烦。由于不锈钢需要强有力的研磨，磨砂的破碎率很高，因此可磨出发黑的，质地上没有划痕的版面。在磨版过程中不锈钢也和其它一些版材一样有严重的凸起倾向。这就需要对印版的另一面也进行研磨或用轧辊将其校平。

铜镍合金版一般含有67％的镍、30％的铜和微量的铁和锰。具有很高的抗腐蚀性。镍铜合金也象不锈钢一样，有向上凸起的倾向，因此也必须进行两面研磨或校平。另外，采用金刚砂研磨也常有嵌版的现象发生，但比起锌版铝版，嵌版现象要好得多。镍版的磨版也和铜镍版大致相同。

镁版的磨版须特别仔细才能获得较好的效果，其也有凸起的

整病，因此也需磨两面。由于镁的化学性质活泼，要使镁版获得发黑而无擦痕的砂目，在磨版后则必需迅速干燥，在制版前还要进行一次特殊的表面化学处理。

铜版的延展性好，因而不难磨出无擦痕的优良砂目，但用金刚砂磨版时易产生嵌版，用石英砂和铝氧石磨版效果较好。

刷子磨版法。这是用金属刷子对金属版材表面进行干刷的方法使表面粗化，具有较为平坦而粗糙的砂目。这种处理方法大多在卷筒铝板厂内进行。其处理出来的表面略有光泽，感光涂层的附着性能较差，只能供印制质量要求不高的一般印件所用。但其处理速度较快，而且可以全部采用机械化，成本也相应较低，因此还有一些厂家用其生产质量一般、耐印力较低的预涂感光版。现在刷子磨版的质量已有提高，与电解粗化的质量也相差无几。

为提高刷子磨版的质量，可采用尼龙刷子和润湿的金刚砂或浮石粉进行表面处理，这种表面处理方法介于砂子磨版法和刷子磨版法之间，称为湿式刷式磨版法。其成本比干式刷子磨版法略高，特别适合于印涂感光版。有些厂家也在湿式刷子磨版的基础上进行阳极氧化处理，用于制作预涂感光版。

2.自然氧化：铝版氧化后能提高表面的强度，氧化可靠其自然进行，一般经粗化后的铝版放置数月后，表面铝分子自然氧化后会形成坚硬的薄氧化层，最厚可达 0.05μm 。这个氧化表层只有20～30个分子层，质地坚硬，实际上是无孔的，与金属版材的底基粘合在一起。不过从整个版材的效果说，这一层氧化层并不太厚，其耐印力还不高，只在小胶印印版的表面处理中采用。

自然氧化层的硬度、强度、结构和化学成分取决于其形成的时间，还有其它不可预测的因素。这样就无法在一定的允许范围内重复氧化的条件，无法进行标准化生产，即使生产了也无法对其质量进行控制。

3.阳极氧化法：为了克服自然氧化的不足，采用电解的方法使铝版表面粗化。电解液一般为硫酸液，也有用铬酸和草酸以及混合酸溶液(如硫酸和草酸混合)的。以铝板为阳极，铅为阴极，

通上直流电后，水中OH^-离子发生下列反应

$$2OH^- \longrightarrow H_2O + [O] + 2e$$

反应放出的原子氧[O]有极大的活性，它与铝版表面的铝原子化合生成氧化铝：

$$2Al + 3[O] = Al_2O_3$$

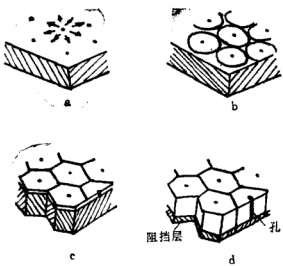


图1-8 巴克曼理论示意图

氧化膜形成的机理复杂，众说纷纭。巴克曼（E.F.Barkman）提出铝板表面的氧化膜是以晶体结构整齐排列的，所以具有高的强度，它是分四步生成的：先生成氧化核，再形成晶胞，生成氧化膜后逐步增长，形成氧化膜晶体（图1-8）。

有人假设，在电解开始时，铝板表面形成一层薄而致密的氧化膜，它是在高强电场作用下，铝离子透过膜而在膜外形成的，或是氧离子或其它阴离子通过膜层在膜层里面形成的氧化膜；或者说这层薄膜被电解液局部破坏而在这部分裸露的表面生成氧化膜、或者说这层薄膜被电击穿而使氧原子[O]从这些地方透过薄膜形成氧化膜。总之，这层氧化膜形成后在电解液的作用下慢慢从外侧开始破坏，转变成水化膜，由于膜上有孔，电解液能穿过孔继续作用，这层薄膜不断破坏，不断形成，其厚度一直增至0.01～0.1μm，而外侧的多孔膜则在氧化时不断增厚，其增厚的过程一直是在金属与氧化物的界面上进行的。最后，版材表面形成的多孔的水化的膜能达100μm以上（图1-9）。

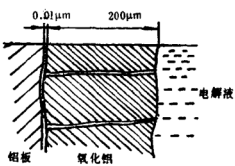


图1-9 氧化膜形成理论示意图

也有人认为，多孔的氧化膜不是水化造成的，而是因为靠近阳极的电解液（硫酸或草酸）层在电流密度足够大的情况下会被金属离子所饱和，以至在阳极表面生成非常薄的铝的碱性膜层，这层膜的出现会使电位升高，并很快超过该溶液中氧的电极电位。析出的氧气使裸露的金属氧化生成致密的氧化膜，电位继续增高就造成膜的电击穿，同时放出热量，进而产生裂缝，酸性电解液和氧作用于膜孔和裂缝底部的金属，又重新进行生膜、膜的电击穿，产生裂缝之过程，此过程不断重复，就使氧化物与金属的界面向纵深发展。

还有人提出阳极铝版上生成的是氢氧化铝的沉淀，它密密实实地覆盖在铝版表面，在电流作用下脱水而形成多孔的结构。电流主要从细孔部分通过而产生大量热，进一步促使氢氧化铝脱水。

尽管多孔性氧化膜的形成尚未有定论，但铝版用阳极氧化进行粗化的方法还是受到一致的好评，现在大部分铝版表面处理都已采用这种方法。阳极氧化所产生的这层氧化层较硬，相当于刚玉的硬度，能具备平版印刷所需的强度。阳极氧化法粗化铝版表面可得到所需的化学成份，新加工出来的阳极氧化表面具有高度的吸水性和亲水性，它在浸入水基染色溶液中能够被染色。

铝版阳极氧化后，毛细孔密度可达500个/mm^2，孔直径20～75nm，孔隙率最高可达37%，表面张力大、吸附能力强，因此往版面上涂布感光液时，感光液易渗入细小的孔隙中，显影时不能在空白部分完全去除感光层，从而引起版面起脏。通过封孔处理可以封闭一些极微小的孔隙，以降低孔隙率，从而降低印版的表面张力，减少吸附性，稳定版面的亲水性能。

封孔的方法很多，国内目前采用稀硅酸钠水溶液，孔隙率可降至5%左右，在90℃液温下处理30分钟左右，封孔以后用稀磷酸液中和版面，以消除版面上残存的碱迹。经洗净烘干后就可进行感光液涂布。

这种处理方法的原理是硅酸钠能在铝版表面沉积一层二氧化

硅胶体膜，因为硅酸钠酸性弱，在水中强烈水解而使溶液呈碱性：

$$Na_2O \cdot mSiO_2 + (n+1)H_2O \rightarrow mSiO_2 \cdot nH_2O + 2NaOH$$

而铝版表面生成带正电荷的Al^{3+}离子引起带负电荷的胶体微粒二氧化硅聚集，经凝结而转变为稳定的硅凝胶，其微小颗粒吸附到铝版氧化膜的细小孔隙中，达到封孔的目的，同时，这一层硅胶也是一层很好的保护膜，而且硅胶对水等极性物质有较强的亲合力。因而铝版仍具有很好的亲水能力。

另一种封孔处理是将印版表面固定在沸水内进行的，也有的是施以浓密蒸气，都可使微孔封闭。这样处理的铝版已不具备吸附性和亲水性，因此也就不适于胶印使用。

将阳极氧化的铝版在空气中存放一段时间，也能达到封孔的效果。自然封孔的时间长短可根据铝版加工条件和储存条件而不同，一般为2～10个星期。这种封孔方法处理的版面并不完全丧失吸附性和亲水性，不过，不能用此方法大批生产性能一致的印版。

反过来说，制作阳极氧化的胶印印版时，也必须注意如何消除自然封孔的过程，至少是要大大延长自然封孔的时间。

4.电解粗化：这也是借助电化学方法使铝版表面粗化的一种方法。电解所用的是交流电，电解液一般为稀盐酸溶液，铝版既为阴极又为阳极。盐酸在水中电解：

$$HCl \xrightleftharpoons{H_2O} H^+ + Cl^-$$

铝版为阴极时，氢离子在此得到电子而释放出氢气：

$$2H^+ + 2e \longrightarrow H_2 \uparrow$$

铝版为阳极时，铝版表面的铝原子释放出电子而成为铝离子进入电解液：

$$Al - 3e \longrightarrow Al^{3+}$$

$$Al^{3+} + 3Cl^- \longrightarrow AlCl_3$$

在交流电的作用下，反应交替进行，从而形成砂目。电解粗化形

成砂目的机理可这样来解释：

当铝版处于阳极半波时，铝原子放出电子而成为铝离子进入电解液，使表面晶格出现缺陷，形成方孔形腐蚀点，当铝版处于阴极半波时，其表面的氢离子得到电子而生成氢气，这使得铝版表面的pH值升高，若此时方孔处的铝离子浓度很高，便可沉积出铝的氧化物，称其为腐蚀膜，由于晶粒之间，尤其在晶界部分存在着电位差，电位较低的位置就可能优先溶解，这一部分是腐蚀膜上的薄弱部位。这个部位往往在方孔的底部，这正是下一个阳极半波到来时的作用点，在此处的铝离子又释放电子进入电解液，而又形成一方孔形的腐蚀点，如此循环往复，方孔一个套一个，最后形成砂目。在不断地电解过程中，这种方孔结构还可能合并成更大的方孔结构。

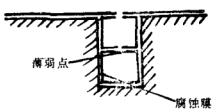


图1-10　电解粗化机理示意图

5.表面镀铬处理：在铝版阳极氧化或电解粗化的基础上，在形成的砂目上用电镀的方法在铝版表面镀上一层铬，以改善表面的亲水性能、提高耐印力。此种处理方法在我国很少使用。

二、凸版版材的处理

凸版印刷的插图一般用铜板或锌板制作，然后可以直接用于印刷，也可与铅字并排，经打纸型而再铸成铅版印刷。制作铜、锌版是利用照相的方法，使涂在铜、锌版表面的感光膜感光形成图文，感光膜硬化的部分不溶于水，未经硬化的感光膜可除去而裸露出金属表面来。硬化的感光膜经烤版进一步除去膜内的水分而更加坚固，可保护铜、锌版不受腐蚀液（如氯化铁或硝酸）的腐蚀。经过腐蚀后，有抗蚀膜的部位仍保持原状，无保护膜部位的金属溶于腐蚀液中，凹了下去，这样就使铜、锌版表面出现了凹凸不平的图文，从而达到凸版印刷的要求。

铜、锌版腐蚀方法分有粉腐蚀和无粉腐蚀两种，这两种腐蚀的化学反应原理都一样，已在上面论述铜和锌的性质时谈到了，

它们的区别在于保护剂不同，保护剂是保护在腐蚀过程中不断露出的图文线条的侧壁的。

1.有粉腐蚀：有粉腐蚀是采用龙血树脂（或称红粉）做保护剂的。其腐蚀操作对铜版和锌版都一样，只是腐蚀液有所不同，铜版腐蚀液是三氯化铁，锌版则用硝酸或硫酸。

腐蚀前先用酸液和食盐溶液将版面上裸露的金属表面上的杂质或氧化层洗去，在版的背面涂好抗酸的漆层，然后用腐蚀液进行初腐蚀，以使版面上非图文的部分凹下一定深度。清洗去版面上的腐蚀液后，浇一层红矾水，再在原来的图文部分上的抗蚀膜面上涂布一层油墨，这时非图文部分因红矾水的作用不使油墨涂上。用水冲走红矾水，将版面上水份除去后就可上粉，红粉粘附在油墨上可对图文进行保护，对图文线条的侧面也进行上粉保护，经烤版后就可进行腐蚀，然后再重复进行上粉和腐蚀的操作，直至非图文部分凹下足够的深度为止。

2.无粉腐蚀：无粉腐蚀采用添加剂取代有粉腐蚀的红粉，以保护侧壁不被腐蚀。添加剂由有机溶剂(如二乙苯)和表面活性剂（如经过磺化处理的蓖麻油）组成。加表面活性剂的目的是使有机溶剂与水混合，加入表面活性剂后，添加剂具有两种基团，一是亲水基团（如—SO_3，—OH，—COOH 等），一是亲油基团（如—CH_3，—C_2H_5等），使添加剂和腐蚀液混合成乳状液体。油在版面成膜后张力减小而在腐蚀过程中形成保护膜，这层保护膜在版面各部分的附着能力不同，在感光膜存在的地方，保护膜附着力大；空白部分附着力小，在腐蚀时易被腐蚀液冲击而使空白部分的金属表面受到腐蚀，保护膜也就缩小到侧壁处，因侧壁有一定的坡度，所受腐蚀液的冲力较小，保护膜不易被破坏。另一种说法是空白部分首先被腐蚀，放出很大的热量，使此处的保护膜破坏，随着热量的传播，保护膜向低温的图文处推移，这样腐蚀就只在空白处进行而不波及图文侧壁，总之，无粉腐蚀后图文的侧壁呈均匀的斜坡状。

经过腐蚀的铜、锌版，有图文处的表面不受腐蚀，空白部分

的金属受蚀凹下，使空白部位和图文部位截然分开，保证了凸版印刷工艺的需要。

三、凹版版材的处理

雕刻凹版与照相凹版均使用铜为版材，平台机用的是铜版材，而轮转机用的是钢制圆筒上镀铜的工艺方法。

1.铜板：可使用凸版制版用铜板。铜含量应在99.5%以上，布氏硬度为HB90，宜选用较厚的规格。也可选用在压延的铜版上电镀铜的工艺。

2.镀铜滚筒：滚筒体有铸铁制和钢制的实心滚筒或空心滚筒，铁滚筒是不能置于酸性液中镀铜的，因为铁接触到酸性镀铜液时，即使不通电流，也要发生置换反应：

$$Fe + CuSO_4 \longrightarrow FeSO_4 + Cu$$

在滚筒表面沉积的铜很松软，与铁结合也不牢。因此铁滚筒需先置于氰化物镀铜液中镀上一层薄薄的基础铜层，然后再放在酸性镀铜液（硫酸铜和硫酸溶液）中镀上一层较厚的保护铜层，这一层厚约0.17～0.2mm，最后再用硫酸铜溶液镀上一层制版用的铜层，厚约0.12～0.15mm。

为使印刷后能够剥去最外表的铜层，在制版铜层和保护铜层之间要预先镀上一层银或镍，或者涂上一层隔离溶液，这样就能使保护铜层与制版铜层连结不甚牢固而又不会脱离，而在印刷后又可将制版层剥下来，以便重新镀制铜层以制作新印版。如果要剥离保护层，也可在基础铜层和保护铜层之间加一隔离层。

下面简述一下凹版滚筒镀铜的工艺：

将铁滚筒浸没在氰化钾镀铜液中在电流密度为0.5～1A/dm²的条件下镀35～50分钟，电镀液参考配方：氰化钾15g，重盐铜20g，水1L。溶液温度20～22℃，pH值10～11。

在酸性镀铜液中镀铜层厚度至0.08mm左右，铁滚筒浸入电镀液中1/3，在旋转情况下电镀。保护铜层和制版铜层的电镀方法也和此相同。

酸性镀铜液的参考配方：硫酸铜220～250 g/L，硫酸(66°Be⁻)15～20g/L。溶液浓度19-21°Bé，液温30～50℃。电镀时的操作条件为：电流密度15～25A/dm²，电压8～10 V。

隔离溶液分酸性和碱性两种。酸性隔离溶液是用氰化钾和硝酸银配成的，其参考配方为：氰化钾30g/L，硝酸银25g/L。分别稀释后再加以混合，稀释后浇注到镀铜滚筒上即可起隔离作用。碱性镀铜液的参考配方是：氢氧化钠60g/L，每升氢氧化钠液中再加入硫化铵200 ml，稀释5倍后浇注到滚筒表面即可。

由于凹版滚筒要受刮墨刀刮墨时的摩擦，印刷材料对滚筒也有摩擦，因此如要印刷批量大的印件，就需在铜层之上再镀一层铬，提高印版表面的硬度，增加版材耐印力，一般镀过铬的凹版版材能使印数提高到30～50万印。

3.凹印印版的腐蚀：照相凹印印版的抗蚀层是经曝光的重铬酸明胶层，其厚度随着图文密度不同而深浅不一。腐蚀液是氯化铁溶液，它与胶层接触之后使胶层膨胀，然后渗透胶层，与胶层下面的铜接触而腐蚀。胶层膨胀的快慢取决于氯化铁溶液的浓度，溶液越淡则胶层膨胀越快，而对同一浓度的溶液来说，则胶层膨胀速度一开始很快，随后就逐渐慢了下来。

在腐蚀的过程中，腐蚀液的浓度是变化的，常用几种不同浓度的腐蚀液分别腐蚀一段时间。腐蚀溶液可在滚筒以固定速度旋转时浇注到滚筒之上，也可用扁平的排笔沾液刷上，还可将滚筒浸入腐蚀溶液中，使滚筒边旋转边腐蚀。腐蚀液浓度有37～45°Bé等几种，一般先使用浓度大的，每种腐蚀液的腐蚀时间按各种工艺方法不同，从2～3分钟至5～8分钟不等。这里不一一赘述。

由于胶层深浅不一，腐蚀液渗透胶层的时间也不同，对铜层的腐蚀程度也不同，最后形成深浅不一的许多凹坑，从而保证印刷时获得深浅不同的墨点以形成图文的层次。

第六节　金属版材机械性能的测定

要检查印版在印刷过程中所具有的各种性能是比较困难的，因此一般只从印版的静态机械特性来推测它的动态性能——即工作中的特性。

金属版的机械特性包括：硬度、延展性等，这里不一一介绍，只谈对印版硬度的测试手段，以此推测印版的耐印力。

硬度指金属或其它材料抵抗磨损和变形的能力。金属的耐磨性通常与硬度有关。硬度的测量方法很多，这里只介绍常用的几种。

1.布氏硬度计：布氏硬度计是使一个直径为10mm（或5mm）的钢球在一个标准力（通常为3000kgf，还有1000、750、250、187.5、62.5、15.6kgf几种）的作用下压入该材料。测出压痕的球形表面积，并用此数除负载，所得值为布氏硬度值，其单位应为kgf/mm²，一般不标出单位。

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})},$$

式中：P——试验标准力，单位kgf；

D——钢球的直径，单位mm；

d——压痕的直径，单位mm。

2.洛氏硬度计：这是一种测定材料在静的或动的负载下对压凹的抵抗能力的仪器。在标准负载（如10kgf）下，用顶角为120°，半径为0.2mm尖端的金刚石圆锥体，或直径为一定尺寸的钢球（前者用于较硬材料，后者用于较软材料）在被测材料表面压出压痕。再继续施加60、100、150kgf的负荷。用千分表读出第二次加负荷前后的深度差值 h。一般仪器上的表盘都标有刻度值，可直接读出。材料越软，其 h 值越大，则硬度越小。洛氏硬度的计算公式如下：

$$HR = \frac{k - h}{c},$$

式中：k——常数，在采用钢球时为0.26，采用锥体时为0.2；

c——为0.002，表盘上每一小格刻度相当于压入深度为0.002mm。

由于负荷和压头的数值不同，硬度值及其表示方法也不同。详见下表：

表1-6　洛氏硬度试验所采用的压头、荷重及标尺明细表

标尺符号 / 压头 / 总负荷	金刚石锥形体	φ1.5875mm (1/16″)钢球	φ3.175mm (1/8″)钢球	φ6.35mm (1/4″)钢球	φ12.7mm (1/2″)钢球
60 kgf	A	F	H	L	R
100 kgf	D	B	E	M	S
150 kgf	C	G	K	P	V

其中常用的有HRA、HRB、HRC三种。

3.维氏硬度计：维氏硬度计采用顶角为136°的金刚石棱锥压入被测材料表面。采用的负荷分别为5、10、20、30、50、100 kgf。其硬度值可用下列公式计算：

$$HV = \frac{2P}{d^2}\sin\frac{\alpha}{2} = 1.8544\frac{P}{d^2},$$

式中：P——金刚石棱锥上的负荷(kgf)；

d——凹痕两对角线的算术平均数(mm)；

α——金刚石四棱锥相对两面的交角，此式中$\alpha = 136°$。

维氏硬度计还有一种小负荷的显微硬度计，其采用的负荷有2、5、10、50、100、200gf几种。计算公式如下：

$$HM = 1854.4P/d^2,$$

式中P单位为gf，d单位为μm。

第二章　字铅合金

即使现在已进入塑料的时代，可大多数印版表面仍然是由金属制作的，这些印版表面不仅可通过腐蚀或雕刻等处理方法制得，也可通过把熔融的金属浇铸成所需的形状而制得。用来浇铸的金属要求熔点尽可能低，因为熔点高的金属浇铸时所耗的能量大，操作也随之复杂起来，字模也易烧坏，给浇铸工作带来困难。这一类金属还要求有良好的流动性，能在浇铸时顺利地通过小管子和铸口流入模子，从而获得文字和图象的精确复制。金属还应在凝固时有最小的收缩率，也就是说金属冷却时尺寸变化尽可能地小，使铸出的图文变形也尽可能地小。不仅如此，还要求金属有较高的硬度，这样可提高耐印力，这要求机械强度尽可能高，并有一定的韧性。另外熔融的金属不因化学作用损坏字模和机器的浇铸部件；重复熔化金属应有尽可能低的损耗；金属应能抵抗因水分和周围环境的作用而引起的腐蚀；金属对操作工人无害，对环境无污染；成本低廉，合金中无贵重金属或稀有金属。

可以这么说，没有一种金属能很好地满足所有这些条件，因此必须采用合金。合金是两种金属或数种金属（也可是与非金属）混合在一起而组成的混合物，合金的性能往往比单一金属的性质来得优越。印刷业采用的合金是由铅、锡和锑三种金属组成的合金，以铅为基体。这种合金用于浇铸铅版、活字，以及排版的辅助材料。

第一节　铅、锡、锑的性能及其在字铅合金中的作用

组成字铅合金的铅、锡、锑三种金属在合金中起不同的作

用，使字铅合金具有极好的印刷适性。表 2-1 是铅、锡、锑这三种金属物理性能的比较。

表2-1　　铅、锡、锑物理性能比较

金　属	比　重	熔　点	沸　点 (℃)	布氏硬度 (HB)
铅	11.37	327.4	1620	4
锑	6.71	630.5	1380	30
锡	7.29	231.9	2270	5

1.铅：铅的熔点很低，很容易浇铸，但是如果单独用铅做印版表面，则强度远远不够。虽然铅是密度最高的金属之一，但它极软，展性也很好，它只要用较轻的辊子就可轧制出铅板来，用模子就可挤压出铅管来，因此我们不采用纯铅制作印版。铅的新断面有明亮的金属光泽，但与空气接触之后就立刻变成暗蓝灰色，此时表面形成碳酸铅膜，防止铅进一步与空气作用。如果铅呈熔融状，则与氧结合形成氧化铅(PbO)，而后生成 Pb_3O_4。铅熔融后，在 600℃ 时开始蒸发，铅蒸气有毒。液态铅冷却凝固成固体时，体积明显缩小。铅基本上不溶于稀酸，而溶于强硝酸，也溶于醋酸。

印刷业中铅主要用作字铅合金。在铅版镀铬时可用铅作阳极，氧化铅(PbO)可作为油墨的干燥剂。

2.锑：锑是蓝白色的带有光泽的金属。它的晶格很大，因此锑很脆，用锤子击打即碎成粉末，由于这个原因，这种金属很少单独在工业中应用，但它在合金中用途却很广，大多数含锑的合金都含有铅，这是为了改善板材、管材和蓄电池极板的硬度和强度。由于锑在结晶时，体积约增加 1.4%，因此有时也常说铅字铸造的高质量是由于锑在冷却时膨胀的缘故，事实上，这种膨胀是不足以抵消铅在冷却时的明显收缩的（铅在结晶时体积收缩 3.5%），但合金中锑的高含量有助于改善浇铸的精确性。在铅合金中加入锑可改善合金熔融时的流动性。

在正常状态下，锑不被氧化，而熔融成液态时却很容易氧化。锑不与水和稀酸相互作用，在浓盐酸和浓硫酸中溶解也很慢，并生成相应的盐类，锑与浓硝酸反应生成 $Sb_2O_5 \cdot nH_2O$。

3.锡：锡是软的、延展性好的金属，比铅更富有韧性。锡被弯曲时，可清楚听见锡晶体相互位移的破裂声，锡越纯，其声响越大。常见的白锡是银白色发蓝的有光泽金属。在室温下锡不与水和空气作用，有极好抗腐蚀性能，可安全地用于与大多数食物接触的场合，这个性质使锡成为非常有用的包装金属，特别是用于覆盖铁皮。马口铁上覆盖的锡的厚度只有1～2μm，仅占总重量的1.4%。锡在熔融状态下易被氧化。锡是两性金属，既可溶于碱，也可溶于酸，如锡与碱作用生成二价锡的锡酸盐：

$$Sn + 2KOH \longrightarrow K_2SnO_2 + H_2\uparrow$$

而锡与酸作用，生成相应的盐：

$$Sn + 2HCl \longrightarrow SnCl_2 + H_2\uparrow$$

锡在字铅合金中能改善铸造性能和机械强度，增加韧性，和锑一起改善合金的耐磨性能。锡还能改善合金表面与油墨的亲合力。其它含锡的合金有轴承钢、焊料、黄铜以及磷青铜等。

锡的保存温度不能低于13～14℃，不过短时期内保存温度低于－20℃也是可以的。这是因为锡长期保存于低温的空气中会变成粉末状。工业上用的白锡是β晶体，在温度高于13.2℃时是稳定的，在这个温度之下就转变成灰色的α晶体。锡从β晶体变成α晶体时，其体积增大26.5%，从而使锡变成粉末，称为“锡疫”。将灰色粉末的锡重新熔化还可以回到白锡状态。在锡中加入0.5%的铋可避免锡疫发生。

第二节　合金的性质

一、合　　金

合金是与众不同的一类材料，每一种合金都有其自己不同的特点和性质。它们不仅仅是两种或两种以上的金属的简单混合

物，只具有这些金属的平均性质而已。例如，硬铝（又称杜拉铝）这种著名的铝合金含有3.5～4.5%的铜、0.5%的镁、0.5%的锰，还有少量的铁和硅，它的机械性能比组成这种合金的组元中任何一个都要优越得多。又如锡是很软的金属，但锡含量在字铅合金中百分比的增加却可以增加字铅合金的硬度。合金的熔点比组成金属的熔点低得多，65%锡与35%锡组成的合金的熔点是190℃，而锡的熔点却是231.8℃。当然，合金的性质与组成合金的各个组元的性质也有一定的关系。

要了解字铅合金的性质必须首先了解合金从熔融情况下冷却成固体时发生的变化。

当纯金属从熔化状态冷却时，它在固定的温度下结晶。例如，熔融的铅冷却时，它的温度一直下降到327℃，并保持一段时间，这时是铅结晶的温度，由于金属在结晶过程中会释放出热量，补偿了冷却时散失在空气中的热量，在铅结晶的时候，温度不下降，直到金属结晶完成后，温度才按一定的速率下降。画一条冷却曲线就可将此清楚地表示出来，冷却曲线表示的是铅的温度和冷却时间的相互关系（图2-1）。

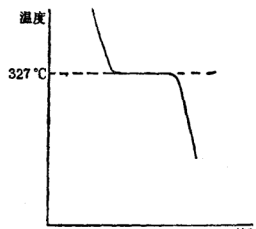


图2-1　铅的冷却曲线

反过来，如将固态铅加热，它的温度也逐渐上升到327℃，然后也一直保持在这个温度之上，直到熔化完成之后，温度才继续上升。固态和液态转化时固定的温度可称为金属的熔点或凝固点。

熔点和凝固点这些词不能用于合金，因为合金的熔化和凝固是在一个温度范围内进行的。冷却熔化的合金时，有一温度是合金开始凝固的温度，称为液态温度，而合金完全成为固态的温度比液态温度低，称为固态温度。合金的冷却曲线表示出这两个温度

和介于这二者之间的熔化或凝固的范围（图2-2）。

合金可以看成是不同的金属互相熔合在一起的“溶液”。例如，在铅合金中，锡和锑溶解于铅中；在杜拉铝中，铜和其它物质溶解在铝中。因为这些物质不是简单地熔化在一起，而是互相溶解在一起，在大大低于其熔点之下的温度时，合金可含有液状的金属。例如，虽然锑在630℃时熔解，但多数字铅合金在大约300℃时就完全熔化了。举个例子，如食盐的熔点为801℃，但它在常温下就很容易地溶解在水中，这个例子有助于理解锑为什么在300℃时也能熔化。

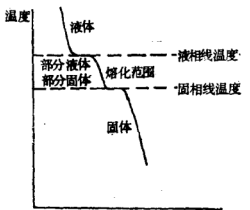


图2-2 合金冷却曲线

当盐在水中溶解时，其溶液的凝固点比水的凝固点更低，冬天在结冰的路面撒盐就是这个原理。与此道理相同，一种金属在另一种金属中溶解也能降低合金的凝固点，更确切地说，是降低它的最终固态温度。如果在水中继续加入盐，直到凝固点不再下降为止，此时的溶液含有23.6%的食盐，这种溶液称为低共熔混合物，或称共晶混合物。它的凝固点为－21℃，比任何食盐溶液的凝固点都低。

同理，在任何合金系统中，都存在着某种最低共熔混合物，它的固态温度比这些金属的其它比例的混合物的固态温度都低。例如，铅锑合金的低共熔混合物含有88%的铅和12%的锑，它的低共熔温度为252℃。除低共熔混合物外的其它合金都从比低共熔温度要高的温度开始凝固，经过固态和液态共存的阶段，到低共熔温度时完全凝固（图2-3）。只有在低共熔混合物的这一特殊情况下，合金才和纯金属一样有单一的凝固点（或熔点）。

字铅合金的低共熔混合物含有4%的锡、12%的锑和84%的

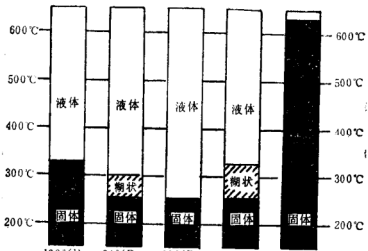


图2-3 几种铅锑合金的固化温度

铅，低共熔温度是239℃，比组成合金的各种金属的平均熔点都要低（铅为327℃，锑为630℃，锡为232℃）。在显微镜下观察这种低共熔合金可发现没有单一的晶体结构，而是由这三种金属一个挨一个组成的片状结构。这种合金用作印版表面则硬度还不够，耐印力太低，因此字铅合金尽可能地含有最大比例的锡和锑，从而在液相固相并存的阶段中，锡和锑凝固时产生一些较硬的晶体。

例如，莫诺铸排机使用的字铅合金含7%的锡、15%的锑和78%的铅，从350℃时开始冷却，可分为不同的三个阶段。在第一阶段，当混合物还完全处于液态时，冷却速度一直保持不变。在大约260℃时到达析出点，冷却速度减慢，在熔融状的金属中开始形成非常小的固体颗粒。这些颗粒越来越大，合金也就变稠呈糊状。颗粒的实际性质取决于合金中各种金属的比例。以铅合金为例，这些颗粒主要是立方晶格的锡-锑颗粒，它非常之硬，比周围的合金要轻。当温度到达239℃时，锡和锑的比例已经降到低共熔的比例了：锡4%、锑12%、铅84%，当这种低共熔混合物围绕着锡-锑晶粒凝固时，温度一直保持恒定。在第三阶段，也是冷却的最后阶段，固态合金的温度稳定下降至室温。字铅合金的硬度取决于在冷却的第二阶段形成的锡-锑晶粒的数量，因

此要求这两种金属的比例增高。而另一方面，析出点随锑的含量增加而增高。因此在实际生产中，整行排铸使用的是接近低共熔点比例的较软的合金，因为机器的性能要求合金凝固快些。单字铸字机可以在较高的温度下运转，因此可以使用较硬的铅合金。表2-2所示为某些字铅合金的成分。

表2-2　　几种字铅合金的成分

用　途	锡含量（%）	锑含量（%）	熔　点（℃）	布氏硬度（HB）
活　字	4—7	15—20	255—310	21—30
空　铅	0—2	15—17	260—310	17—19
排　铸	4.5—7	12—15	240—265	21—26
铅　版	6—7	12—16	240—250	22—23

在各种情况下浇铸铅字都要把工作温度很好地保持在析出点之上，这才能保证从熔化锅至铸字的模子表面的整个路程都完全呈熔融状态。如果在输送路程中就开始析出结晶，那么注铅装置的注口就要被堵塞，严重的会使机器停止工作，轻者也会使铅字表面出现明显缺陷。

只要合金的锡含量超过4%、锑含量超过12%，则第一次析出的晶粒是这两种金属以相同比例构成的。如果合金长时间保持在半液相状态，锡-锑晶粒将漂浮到表面上来，因为这些晶粒比它周围的熔化的金属要轻一些。合金中如果含有高比例的锑、小于或等于4%的锡，在析出的晶粒中锡含量减少至大约10%。这种晶粒长且细，但它的作用与上述的立方晶格的晶粒很相似。当合金中锑和锡的含量降至低共熔的组成比例时，析出的第一种金属必定是铅，它有沉入混合物底部的趋势，因为它的比重比周围液体的比重大。适用于字行排铸机的字铅合金，除了最软的低共熔混合物外，基本上都是由大量的锡-锑晶粒与围绕着它们的低共熔合金构成的。均匀分散在共晶体中的大量小晶粒构成的材料比用少量的大晶体与介于其间的大面积的软质共晶体构成的材料

更均匀更耐磨。形成晶粒的大小主要取决于冷却的速度。冷却速度慢时，晶粒有时间长大，并聚集在铸件的上部。冷却速度快时，生成的晶粒细小，紧紧地靠在一起，均匀地分布在铸件中。

二、合金相图

用合金相图能更清楚地了解字铅合金的性质和铸造性能。这里先从最简单的合金相图谈起。

我们已经谈过，如何从合金温度随时间变化的冷却曲线中，找出某一合金的液-固转变温度来。如果我们知道二元合金的两种金属在各种不同比例时相应的液-固转变温度，我们就能描出合金相图来，这种图又称平衡图。铅锑合金的合金相图如图2-4所示。图中最左边表示100%的铅，最右边是100%的锑，介于两者之间的点是两种合金各种不同的比例。纵轴表示温度，图中的任何一点表示在某一温度的某一比例的铅锑合金。例如，图中A点表示在500℃时的含有70%铅和30%锑的合金。如果冷却这种合金，到380℃时（图中L点），它到达液相线温度，此时形成锑晶粒并开始增长。在温度为252℃时到达固相线温度，此时锑在熔融状态的合金中所占的比例已下降到12%，在这个温度下，所有剩余的液状合金都围绕着锑晶粒固化。正如我们已说过

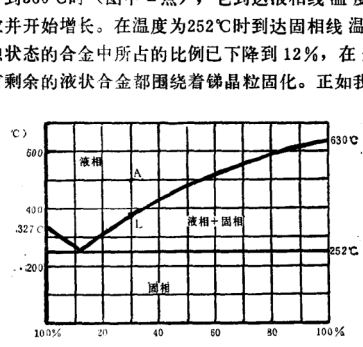


图2-4　铅锑合金的合金相图

的，平衡图也说明了只有单一熔点或凝固点的唯一合金就是金属的组成比例为共晶比例的合金。

这张铅锑合金相图是最简单的，因为在从熔融状冷却时只有两种金属固化，首先是锑晶粒，其次是铅和锑的共晶混合物。其它的合金的情况就更复杂了，因为在不同的冷却阶段里有两种或两种以上的金属的几种不同的混合物在凝固。在字铅合金中，起重要的作用的金属混合物是50％锡和50％的锑组成的。而另一种可能是固态中仍有组元处于液态。这些都称为固溶体，其组成根据某些限制而有所不同。

概括地说，熔融的合金冷却时，凝固的物质可包括：

（1）单一的金属组元；

（2）两种金属的金属化合物，有固定的组成和熔点；

（3）固溶体中的组元金属，它的结构可随条件不同而不同；

（4）两种或两种以上的组分的共晶混合物，有固定的组成和熔点。

锡锑合金的合金相图如图2-5所示，体系中涉及到液相与固相反应形成另一固相的包晶转变的问题。图中采用希腊字母来表示合金中固化的几种不同的物体。其中α固溶体表示含有10.4％锑的固溶体，β固溶体表示含有50％锡和50％锑的金属化合物，γ固溶体是含有9％锡的固溶体。

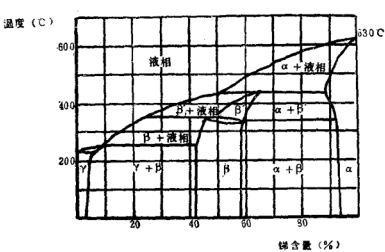


图2-5　锡锑合金的合金相图

含有58～90％锑的锡锑合金在冷却时首先析出的是γ固溶体，当温度降到425℃时，一些γ固溶体变成β固溶体。固态时的锡锑合金就是由这两种组元组成的。

纯β组元是从含有42～48％锡的合金冷却时形成的。图中所示金属化合物β′仅在理论上是重要的；它冷却时改变成β固溶体是原子结构重排的结果。

图2-6是铅锡合金的合金相图，图中最左边的表示100％的铅，最右边的为100％的锡，介于其间的是不同比例的铅锡合金。锡的含量小于19％的铅锡合金冷却时析出α固溶体（锡溶于铅中的固溶体），开始析出α固溶体的温度为该比例合金与AC线的交点所对应的温度，当温度下降至该比例合金与AD线的交点相应的温度时，液态合金全部转变为α固溶体，温度继续下降，而α固溶体不发生变化，直到温度下降到低于该比例合金与DF线的交点所对应的温度时，由于锡在铅中过饱和而析出，又由于锡能溶解部分铅而形成β固溶体，所以析出的锡是以β固溶体的形式从原来的α固溶体出现的。在室温时，合金的组织是以α和β两种固溶体组成的。

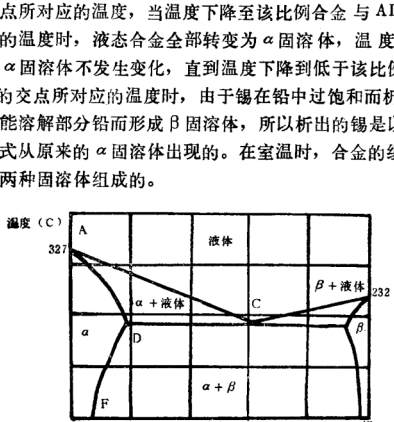


图2-6　铅锡合金的合金相图

锡含量小于61.9％的铅锡合金冷却时首先析出α固溶体，随着温度逐渐下降，α固溶体的析出量增多，在温度下降到183℃

时（固相温度），铅的比例下降到38.1%，在这个温度下所有剩余的液态合金都围绕着α固溶体固化，此时是α、β两种固溶体同时析出，因此锡含量小于61.9%的铅锡合金的组织是由α和β两种固溶体组成，其比例随锡含量不同而不同。而锡含量为61.9%的铅锡合金是在183℃时进行的，它同时析出α、β两种固溶体，这种共晶转变一直在183℃的温度下进行到液相完全变成固相时为止。锡含量大于61.9%的铅锡合金冷却时先析出β固溶体。随着温度下降，β固溶体不断析出，锡含量逐渐下降，当温度下降到183℃时，锡含量下降至61.9%，此时所有的液态铅锡合金围绕着β固溶体发生共晶转变。这样结晶出来的组织也是α和β两种固溶体。

三、三元合金(锡锑铅合金)的合金相图

我们以上讨论的合金相图是仅含有两种金属的二元合金体系的合金相图。如果合金含有三种金属，则问题就复杂多了。在前面的图中就难于完整地描述随着成分和温度的改变而产生的结果了。

为了表达含有三种金属的合金，可以有多种表示方法，这里介绍三角形表示法（图2-7）。三角形的每一个角代表一种纯金属，三角形的每一条边表示仅含有两种金属时的成分，在三角形内，每一个点表示三种组元以某一比例组成的合金。根据合金从液态冷却时第一次结晶的组元的性质，将图分成几个区

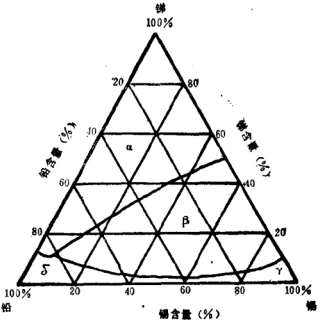


图2-7　锡锑铅三元合金相图

域。印刷用的铅合金(也就是铅锡锑三元合金)中，这些组元是：

①仅含有铅的固溶体；

②以锑为主的固溶体；

③锡-锑化合物为主的固溶体，含锡50%，锑50%。

由于印刷用的铅合金，锑不超过25%，锡不超过7%，这样一来，图中铅含量大的那一个角即是印刷用铅合金的合金相图，图2-8是其局部的放大图，图中所画的一系列等值线可供查找任何合金的液相线温度。

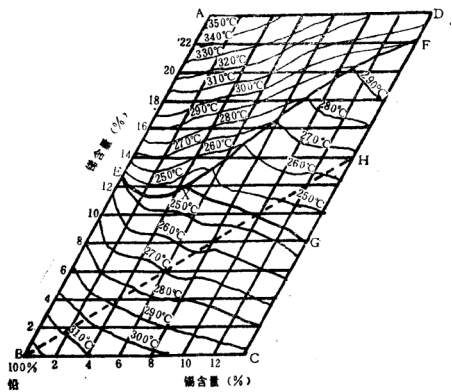


图2-8　字铅合金液相温度线图

将代表纯铅的B点与X点连接起来，可发现温度逐渐下降。换句话说，在铅中加入锡和锑使得液相线温度降低了。这个范围内的合金在凝固的第一阶段析出铅晶粒(δ)。

X是三元共晶点，其液相线温度最低。

从X到直线AD，液相线温度又陡峭地升高，可从等值线的密集程度显示出来，这是富锑合金，在固化时析出α固溶体。

在XGF这个范围内，从X到GF线液相线温度也逐步升高，但是要缓慢得多。这表明当锡和锑一起加入铅中，熔点的增加要比只加锑而使熔点增加的速率慢得多。在这个范围内，合金固化时首先生成的是坚硬的锡-锑晶粒。

三角形合金相图给出了合金初次结晶的情况，但它并不表明合金固化后组成的最后组元。不过，在印刷用的铅合金中，最后组元是相同的，都是三元共晶体。在没有锡的铅锑合金中，我们已经谈过共晶是铅和锑的细晶粒的均匀混合物。三元共晶在性质上也差不多，但更为复杂。X点的大致成分是4%锡、12%锑和84%的铅，是α、β和δ三种细颗粒的混合物。

图中BH线上所有的合金凝固后的组织都是三元共晶体。

四、字铅合金的铸造性能

字铅合金的性能不仅与铅合金中三种组元的比例有关，还同合金铸造时冷却的条件有关。对于某一种确定比例的字铅合金，为了使其具有较好的性能，如强度、硬度、塑性、着墨性能等，要求合金具有较好的晶粒结构。晶粒的大小在很大程度上影响着字铅合金的性能，一般说来，细晶粒的字铅合金比粗晶粒的具有较高的强度、较好的塑性和韧性以及较好的着墨性能。

液态金属转变为固态金属是无法在一瞬间就完成的，它需要有一个过程，在转变的最初是在液态金属中形成一些极微小的晶粒，这些微小的晶粒又称为晶核。晶核形成之后，其余的液态金属都围绕着这些晶核结晶，这些晶核也就不断地长大。与此同时，也不断产生一些新的小晶核。随着温度的不断下降，液态金属不断在晶核周围转变成固态，晶核也就不断长大，直至所有液态金属都转变成固态时为止。

在这一过程中，晶核形成的数目越多，晶粒也就越小。晶粒的大小也和晶核长大的速度有关，晶核长大的速度越快，形成的晶粒就越少，金属结晶的晶粒就越粗。晶粒的大小是用单位体积内的晶粒的数目来表示的。单位体积内的晶粒数越多，晶粒就越

小，反之，单位体积内的晶粒数越少，晶粒就越大。单位体积内的晶粒数可用下式表示：

$$Z = k\sqrt{\frac{N}{C}},$$

式中：Z——单位体积内的晶粒数，单位为晶粒数目/cm^3；

N——形核率，它是对单位时间内单位体积形成晶核数的描述，单位为成核数目/($cm^3 \cdot s$)；

C——晶核长大的速度，单位为 cm^3/s；

k——比例系数。

为了获得细小的晶粒，我们希望$\frac{N}{C}$的比值越大越好。而形核率和晶核长大速度与冷却时的温度有关。由于金属的实际结晶温度总是低于这种金属的理论结晶温度，这种现象叫过冷现象，实际结晶温度与理论结晶之差值叫过冷度。过冷度与形核率和晶核长大速度的关系如图 2-9 所示。

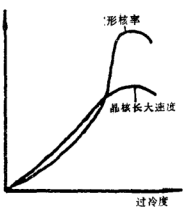


图2-9 过冷度与形核率和晶核长大速度的关系

从图中可以看到，随着过冷度增大，形核率及晶核长大的速度都随之增大，两者增大的速度都差不多，但过冷度大于某一数值之后，形核率增大的速度比晶核长大速度的增长速率要大，结果使$\frac{N}{C}$值增大，晶粒也变细了。

为了增大过冷度，使结晶晶粒变细，我们一般是用加快金属冷却速率来完成的，因为金属冷却越快，过冷度也越大。在实际操作中，往往在铸字机械上附设一套冷却装置，这使浇铸出的铅版或铅字从融熔状转变为固体时可以得到迅速冷却，从而获得较细的晶粒。

加快金属冷却速度时也应注意冷却速度过快往往会使铸件裂

开，特别是铸造较厚的铸件，往往因为表层或铸件内部冷却速度不同，铸件承受不住因温度不同而产生的拉伸应力而断裂。铸件里层或外表冷却速度不同，结晶出的晶粒大小也不同。铸铅版时靠铸模壁的铅版背面因冷却得比较快，晶粒就细，而铅版图文一面因与纸型接触，冷却较慢，晶粒也相应地大一些，它对铅版的性能影响不小，而且圆铅版比平铅版要厚，这种现象也就更明显一些。铸造活字时情况就好得多了，因为活字铸造时，其四面都紧贴在金属的字盒上，况且厚度也不大，因此活字的冷却速度比较均匀，其晶粒粗细之差也较小。

还可以用变质处理的方法来提高晶粒细度。这种方法是在熔融合金中加入少量的颗粒细小的变质剂，变质剂的熔点都在合金液相温度之上，因此在金属开始冷却时，这些变质剂的晶粒就相当于结晶开始时晶核的作用，结晶也往往从这难溶的变质剂微粒开始，这就提高了合金结晶时的形核率。而且在过冷度不大的情况下也可形核。这种形核过程，在合金的原子团有规则排列而形成晶核的均质形核过程开始时，已经进行到相当的程度了。有些变质剂其某些成分是可熔的，它包围在正在成长的晶核四周，减缓晶核长大的速度，以此保证晶粒不致于长得太大。

无论哪一种变质剂都需满足这样一个条件：这就是晶核与变质剂间的表面张力小于晶核与液态合金间的表面张力。铜在合金中起的作用也就相当于变质剂，少量的铜不仅可以提高晶粒的细度，还能减轻铅合金在铸造时的偏析作用。

合金的铸造性能指合金铸造时产生的偏析、缩孔等现象，以及合金的流动性：

1.**偏析**：铸件在冷却过程中，一些先结晶出来的晶块由于是其中几种组元组成的，其比重与液态金属不同，比重小的向上运动，比重大的向下运动，液态合金完全转变为固体之后，就产生组织不均匀的现象，即偏析现象，字铅合金很容易产生偏析。在字铅合金凝固时，先析出的是 α 固溶体晶体，其锑含量比液态合金高，锑的比重(6.71)远比铅的比重(11.37)小。因此析出的初晶

因比重小而向上浮，最后在铸件的上半部结成固体。偏离共晶点成分越远的字铅合金，冷却时析出的α固溶体数量越多，偏析的现象也越严重。而且，液相与固相比重相差越大的，偏析现象也越严重。

偏析还与合金液相转变为固相的温度范围有关，这个温度范围越宽，金属冷却所需的时间也就越长，这段时间里，初晶有充足的时间向上移动，其偏析当然比较严重。偏离共晶点远的字铅合金，这一温度范围也大，偏析现象也越严重。

冷却速度越慢的，液相转变为固相所需的时间也越长，这也使得偏析过程进行得足够充分。因此，快速冷却是防止偏析的有效方法，在析出的初晶还来不及形成偏析时，结晶就完成了，偏析现象也就大为减轻。

2.凝固收缩现象：金属在液态和固态时的体积是不同的，即使同是液相或固相，其温度不同，体积也不同，我们常说的热胀冷缩指的就是这一现象。当合金冷却时，从浇注时的温度冷却到液相线温度这一段时间里，合金处于液相，随着温度降低，体积按一定收缩率缩小，因此，如果浇注温度高出液相线温度越多，则体积缩小的程度越厉害，这对保证图文质量是很有害的。这种收缩叫液态收缩。合金从液相线温度冷却到固相线温度时，不仅由于温度降低会引起体积收缩，而且液相转化为固相时也会使体积缩小。这种收缩叫凝固收缩。合金液相线温度和固相线温度差越大，体积收缩也越厉害。合金从固相线温度继续冷却时，体积按一定收缩率收缩。这种收缩称为固态收缩。

铸造铅字或铅版时，由于体积收缩，使铸出的铸件上出现小孔、塌陷，并可使铸出的图文出现变形，大大影响了铸件的质量。而这个收缩主要是由液态收缩和凝固收缩这两个阶段的收缩引起的。因此，适当降低铸造温度对铸件的质量是很有帮助的。

3.流动性能：液态合金流动性能直接关系到铸件的质量。液态合金通过管道注入铸模，冷却后而得到铸件，如果液态合金的流动性能不好，注入型腔后就不能充满铸模（如字模或纸型）的

每一空间，铸出的图文轮廓就不清晰、不完整，也就不能满足印刷复制的要求。

液态合金注入型腔之后，一边流动，充满空间，一边又把热量传给模型，温度也就不断降下来，冷却到液相线温度以下时就开始析出固相，使液态合金的粘度急剧增加，流动性也就减弱。因此浇铸温度一般要比合金的凝固温度高几十摄氏度，否则浇注出的铅版和活字的质量也就得不到保证。

合金中组元比例越接近共晶点的，凝固时是在接近恒温的情况下凝固结晶的，流动性较好，反之就较差。影响流动性的因素还有：合金的比热、密度和导热系数等。一般说来，合金本身保持热量较好的，在型腔中流动的时间比较长，也就越容易充满型腔。

为了补偿流动性差带来的缺陷，可以提高铸型的温度，由于减少了和液态合金浇铸温度的温差，减慢了合金散热的温度，保证液态合金在型腔中顺利流动。也可通过提高浇注温度的方法达到这一目的，但这些方法都会带来一定的缺陷，如合金凝固时间长带来的偏析缺陷，浇注温度高带来的体积收缩率大的缺陷，并有可能损坏机件，或者烧坏纸型。

第三节　字铅合金的分析

一、字铅合金成分的改变

活字在印刷或打纸型时，因磨损而使字高降低，如继续使用，则再印出的字迹粗细就发生变化，为了保证印刷品的质量，必须常常使用新的活字。另外，铅版、铅字使用后也要重新回收利用，也就是说，字铅合金在使用后要重新熔掉，再浇铸出新的活字和铅版以供使用。铅、锡、锑三种金属在熔融状态下都会与氧结合而生成比合金轻的氧化物，在熔融的合金液体的表面漂浮着，这些氧化物呈细粉状，称为铅灰。一般在相应的熔融温度下，合金因氧化而损失的量约占总重量的0.05～8％。可是，在

大部分铅合金中，锡被氧化的比例比总的金属被氧化的比例要高，而铅被氧化的比例比其它两种金属要低。多次重熔后会使合金的成分发生严重的改变，特别是锡，其比例会大大减少。因此，习惯上在每次重熔时加入少量的锡，其含量超过铅合金的比例规定，以维持锡的正常含量。由于工厂里使用的铅字里铅、锡、锑的含量并不相同，不同种类的铸字机铸出的铅字、不同大小的铅字以及空铅材料等使用的合金并不是三种组元按某一比例组合的合金，重熔时其合金的成分总是要改变的。

为此，在每次重熔时都要对合金进行化学分析，测量一下合金的成分，如果铅合金的成分误差超过允许值，就应对每一组分精确地加入所欠缺的数量，以改正铅合金的成分，使它们的比例恢复到原先正确的成分。

在重熔过程中，合金中还容易混进其它金属元素，我们称为杂质。最容易混进合金中的杂质就是锌和铜了，它们是从排花边或界线的铜线、锌版或铜版崩裂下来的碎渣重熔时熔到合金里去的，镀镍的铅版重熔时，镍也会混进合金里去的。这些杂质中，锌、铝、镍和硫对合金的危害很大。

锌在铅合金中非常有害。熔融的锌和铅不能互相混合，混在铅合金中会产生大小不等的斑块。锌会降低合金的流动性，阻止其在浇注时流入到字模中的每一细小缝隙中去，并且锌会和铁化合成$FeZn_7$，堵塞浇口、卡住浇注机构的活塞，使铸字机受损害。锌很容易被氧化，使熔融体的合金表面形成氧化层，这层氧化层很硬，产生的这层氧化层使大量铅合金变成铅灰而损失。在合金中如果混进锌，熔融的金属液体的顶部扒去渣沫，可以发现表面迅速地变暗。锌的含量只要稍微超过0.001%就可影响印刷铅合金的质量。

铝与锌相似，同样会使浇铸机构产生故障，为了排除故障，机器就得停工。铝还会使合金造成偏析，使铸件的晶格组织不均匀。

镍混入合金后，会明显提高合金的熔点，而铸件的浓度却几

乎不增加。因此镀镍铅版熔化时，要仔细地将镍沉积物除去。

硫会与铅合金起化学反应生成硫化铅、硫化锑和硫化锡，影响合金的铸造性能，使合金的熔点升高，合金变脆等。

铜，如果含量很小，对字铅合金并没什么影响，有时甚至还在铸字时酌量加入一些铜来增加铅合金的硬度。但在铸字温度比较低的情况下，在其它铅合金还未凝固之前，铜和锑先结合凝固形成晶粒，这些晶粒堵塞了铸造机械的浇口，阻碍金属流入模子中。

砷，少量的砷同样不影响铅字的铸造性能和机械性能。

镉和铋也算是杂质，不过它们能改善铅合金的性能，使组织均匀、铸造性能改善、硬度提高。

根据以上的叙述，对合金中的杂质含量也有一定的限制，一般要求铅合金中锌含量不大于0.01%；铝不大于0.01%；镍不大于0.02%；硫不大于0.02%；砷不大于0.03%；铜视用途不同，一般不超过0.06－0.16%。

为了了解和控制印刷铅合金中的各种金属的比例，必须用各种分析方法来检查各组元的含量，然后按要求补充不足的数量。

二、字铅合金成分分析

铅合金成分分析大多采用化学分析的方法，靠一些化学药品分别将铅合金中各种金属成分分开来，用滴定的方法，经计算而得出所测金属的含量。铅合金分析主要采用络合滴定法和氧化还原法，但分析操作繁杂、花费的时间都很长。而且在溶解过程中又往往产生出二氧化硫、二氧化氮等有害气体，同时，分析所用的化学药品中也常使用到氰化钾、氟化铵等毒品作掩蔽剂，对人体有害，给环境带来污染。

印刷用铅合金可用稀硝酸和酒石酸的混合溶液溶解。溶解的过程比较平缓，除产生氢气外，其它气体极少，铅合金与稀硝酸和酒石酸反应生成硝酸铅〔$Pb(NO_3)_2$〕和酒石酸氧锑〔$SbO(C_6H_4O_6)$〕，可分别用乙二胺四乙酸（又称EDTA）和碘溶液等测定其

含量。现分别简述铅、锡、锑含量的滴定方法。

1.铅滴定方法：

①络合滴定(EDTA)法：这个方法是基于铅能与乙二胺四乙酸二钠（简称EDTA)生成稳定的络合物(其稳定常数为$10^{18.04}$)这个性质进行的。

这个方法是用稀硝酸溶解铅合金生成硝酸铅，然后用二甲酚橙作指示剂，用EDTA标准溶液滴定。试样制取也可用盐酸溶解，加硫酸生成硫酸铅沉淀析出，这样可与铁、锌、铜和镍等干扰元素分离。然后将硫酸铅转变成醋酸铅，在pH值为5.4～6的醋酸-醋酸钠缓冲溶液中以二甲酚橙作指示剂（当pH值大于6.5时，指示剂本身呈红色，无法指示终点），用EDTA标准溶液滴定。

EDTA法以氯化钾或氟化铵作为掩蔽剂，由于这两种物质都有毒，而且测定速度也比较慢，因此也有用硫脲加邻菲啰啉作掩蔽剂的。邻菲啰啉（1,10-二氮杂菲）在pH值为5～6时能与铜、锌、铁、镍等离子形成稳定性比EDTA形成的更强的络合物，硫脲则可掩蔽铜离子，免除对铅含量滴定的干扰。指示剂是二甲酚橙，如加上亚甲基蓝可以提高滴定终点变色的敏锐性。

②铬酸铅容量法：用盐酸溶解试样，在适当的酸度下加重铬酸钾，使铅呈铬酸铅沉淀，以盐酸-氯化钠溶解铬酸铅，加入碘化钾后析出碘，用硫代硫酸钠标准溶液滴定，由硫代硫酸钠的用量计算铅的含量。其主要反应如下：

$$Pb + 2HCl = PbCl_2 + H_2\uparrow$$

$$PbCl_2 + 2HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + 2HCl$$

$$2Pb(NO_3)_2 + K_2Cr_2O_7 + 2H_2O = 2PbCrO_4\downarrow + 2KNO_3 + 2HNO_3$$

$$2PbCrO_4 + 4HCl + 4NaCl = 2Na_2(PbCl_4) + H_2Cr_2O_7 + H_2O$$

$$H_2Cr_2O_7 + 6KI + 12HCl = 2CrCl_3 + 6KCl + 7H_2O + 3I_2$$

$$I_2 + 2Na_2S_2O_3 = 2NaI + Na_2S_4O_6$$

③重量法。用盐酸溶解试样，加入硫酸，使铅以硫酸铅沉淀析出，与铁、锌、铜和镍等干扰元素分离。将沉淀分离、洗涤、

烧灼、称重，用下式计算就可得出铅的含量：

$$\text{铅含量}=\frac{\text{硫酸铅沉淀的重量}\times 0.6832}{\text{试样的重量}}\times 100\%.$$

2.锡的测定：常用锡含量测定为氧化还原法和络合返滴定法，前者在熔样时会释放出一氧化氮和二氧化氮等有害气体，操作也比较繁杂，有的还需使用造价高的纯物质做还原剂。相比而言，后者为佳。

①氧化还原法：铅合金用浓硝酸溶解，其中的锡可与浓硝酸反应生成锡酸盐沉淀，生成的锡酸盐沉淀可溶于盐酸而生成氯化锡，用碘作氧化剂可将二价锡离子还原成四价锡离子。这时用淀粉液滴定多余的碘，以此计算合金中锡的含量。分析中所用的碘是通过重铬酸钾与碘化钾反应而获得。整个分析过程的主要反应如下：

$$Sn+2HNO_3=\!=\!=H_2SnO_3\downarrow+NO_2\uparrow+NO\uparrow$$

$$H_2Sn_3+4HCl=\!=\!=SnCl_4+H_2O$$

$$K_2Cr_2O_7+6KI+14HCl=\!=\!=2CrCl_3+7H_2O+3I_2+8KCl$$

$$2KCl+I_2+SnCl_2=\!=\!=SnCl_4+2KI$$

②络合返滴定法：锡离子与EDTA络合物的稳定常数大于铅锌等离子，但由于锡盐极易水解，使络合滴定难以顺利进行。因此必须用返滴定法。铅合金用盐酸-硝酸混合酸溶解，溶解时加入氯化钾可防止锡的水解。在pH值较低时往试液中加入过量的EDTA，与试液中的锡和其它元素络合。再调节pH值至5.4，然后用氟化钠络合锡，释出与锡量相当的EDTA来，用硝酸锌或铅标准液滴定，就可以获得锡的含量。这个试验要严格控制试液的pH值，一般用六次甲基四胺中和并起缓冲作用，使pH值保持在5～6之间。

3.锑含量测定。

①高锰酸钾滴定法：锑与浓硫酸反应生成硫酸锑，再同盐酸反应可生成三氯化锑，用高锰酸钾作氧化剂可将三价锑氧化成五价锑。在氧化过程中，高锰酸钾不断消耗，因此高锰酸钾的紫色

也就不断消失。当三价锑全部氧化成五价之后，滴入的高锰酸钾溶液就不再消耗，而使滴定的试液呈现的紫红色不再消失，以此作为滴定的终点。然后根据高锰酸钾的用量计算锑的含量。主要反应的化学方程式如下：

$$Sb_2(SO_4)_3 + 6HCl = 2SbCl_3 + 3H_2SO_4$$

$$5SbCl_3 + 16HCl + 2KMnO_4 = 5SbCl_5 + 2KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O$$

②溴酸钾滴定法：此滴定法的原理是利用三价锑离子可被溴酸钾氧化成五价锑离子，过量的溴酸盐氧化，释放出溴而使甲基橙指示剂褪色。主要反应式如下：

$$3SbCl_3 + KBrO_3 + 6HCl = 3SbCl_5 + KBr + 3H_2O$$

$$KBrO_3 + KBr + 6HCl = 6KCl + 3H_2O + 3Br_2$$

在反应中二价铁及其它低价元素会干扰测定，试样经过硫酸分解和长时间加热冒烟，铁呈三价，故测定时无干扰。

③酒石酸法：锑在含酒石酸的溶液中形成酒石酸氧锑，可与氧化剂碘反应，而使三价锑转变为五价锑。这个反应在 pH 值为 7 ~ 8 的碳酸氢钠溶液中可定量进行。由于锑的价态较多，溶样时要把握住条件，一般在稀硝酸和酒石酸的混合酸液中溶解，溶解的温度不要超过70℃。这个滴定法以滴入的碘溶液不再起作用为终点，滴定时采用淀粉液作为指示剂，以出现不消失之蓝色为滴定终点。其主要反应方程式如下：

$$SbO(C_6H_4O_6) + I_2 + H_2O = SbO_2(C_6H_4O_6) + 2I^- + 2H^+$$

此滴定过程中的干扰元素是砷，当砷含量大于0.2%时对测定结果有一定的影响。由于砷引起的误差是正向定量误差，可将样品中已知的砷含量减去。如砷含量小于0.2%，则可以将其影响忽略不计。

三、合金的快速测定

合金的化学分析一般都比较复杂，做一次分析所花费的时间都很长，因此都希望有比较简单的快速分析法。快速分析法种类也不少，这里介绍一种利用热分析的分析方法。

字铅合金中三种金属所占的比例一般在下面这个范围内：铅40～90%、锑5～35%、锡0～35%。这可从三角形合金相图上看出，字铅合金是在α－β－δ共晶点周围的合金，也有极少量结出初晶δ的合金。由于合金组元比例的不同，冷却时结晶的组织也不同，测得的冷却曲线也就随之不同，根据冷却曲线折点的位置和附近曲线的形状，我们可以根据合金相图推出合金冷却时在各个温度时结晶出来的初晶、包晶、共晶和残留液的组成，并从合金相图上得出试样各组元的比例。

热分析时所用的设备如图2-10所示。将一定重量的试料加工成细粒状，投入坩锅中加热熔化，并使温度在熔点150～200℃上，使合金熔化均匀，断开热源，使液态合金缓缓冷却，插在液态合金中的热电偶就把温度的变化通过与热电偶连接的灵敏检流计反映出来。观察合金冷却的情况，每隔一定的时间间隔将合金的温度记录下来，直至合金完全凝固之后。将观察的结果标在坐标纸上，用线联接起来，就获得合金的冷却曲线。这种测试也可用测量合金熔化时的温度变化获得，但是测量合金冷却时温度变化可以排除被测金属受到不均匀加热而引起的过热现象之影响，而且测试也较简单。

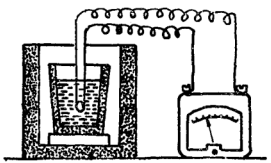


图2-10　合金热分析的测试装置

四、合金的金相分析

金相分析是冶金行业用来分析合金组分的方法。借助金相显微镜将合金放大几十或几百倍，不仅可知道其化学组成，还可观察到合金的结晶组织，这是化学分析所达不到的分析效果。用金相显微镜分析字铅合金不但分析速度快，而且精度高。

金相分析时先取试样进行切片，将要测试的表面打磨抛光，然后用化学腐蚀或电解的方法使表面的结晶组织容易辨识，然后

在金相显微镜下做合金的金相分析。

化学浸蚀时可用 1～5ml 的硝酸和 100 ml 的酒精配成化学腐蚀剂进行。也可用 5 g 三氯化铁和 95ml 的酒精配成的溶液，其中加入 2 ml 的盐酸，这种化学腐蚀剂的作用比较强烈。电解的方法是将合金浸入在 10% 盐酸溶液中进行的，通电的电压为 2 伏。

图2-11为字铅合金的显微金相图，其黑色为三元共晶体，而白色部分是β初晶体（锡锑化合物）。在显微镜下不仅可以清楚看到晶体形状，还可测量晶体的尺寸，计算各种晶体的数量。

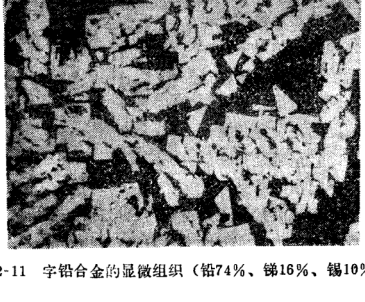


图2-11 字铅合金的显微组织（铅74%、锑16%、锡10%）

五、字铅合金杂质定性分析

铅合金中的杂质指铁、锌、铜等元素，它们可溶于浓硝酸中呈离子状态：

$$Fe + 4HNO_3 = Fe(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$$

$$Zn + 4HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$$

$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$$

分别用亚铁氰化钾[$K_4Fe(CN)_6$]与四硫代氰酸汞胺[$(NH_4)_2Hg(CNS)_4$]作试剂，分别与硝酸亚铁、硝酸锌和硝酸铜反应生成有

色沉淀，蓝色沉淀表示铅合金中有铁，白色沉淀表明铅合金中有锌，绿色沉淀表明铅合金中含有铜，紫色沉淀表明铅合金中含有铜和锌两种元素。

第四节　字铅合金的配制

字铅合金可以用铅、锡、锑的原材料配成，也可以将用过的铅合金重新熔化而成。铅、锡、锑的比例是根据字铅合金的不同用途而决定的，因此配制时就需对各种原材料的用量进行计算，或者是对重新熔化的字铅合金进行化学分析，补充适量的组元，从可得到三种金属之比例精确的字铅合金。

铅的原料最好采用其它杂质含量不超过0.1%的铅，或者采用含锑的铅，其中所含的锡、锌和铜的总量也不要超过0.3%。锡原料中一般含铅1～8%，而锑原料中含铅一般为0.1～0.7%，其它杂质不超过0.1%。用这样的原料配制铅合金时，需对各种原料的用量进行精确的计算。考虑到锡和锑在熔融状态时易氧化而损耗，在计算时一般都追加一些锡和锑以补偿其在熔融中的损耗。一般情况下，锡和锑的追加量分别占全部金属含量的0.5%和1%。

熔融时的操作程序如下：在熔锅中放入铅总量的2/3，熔化后将温度升至450℃，在熔融金属的表面放一层能保护合金不与空气中的氧起化学反应的保护层，这是一层氯化锌、氯化钾和氯化钠的混合物（比值为72∶13.5∶14.5），它可参与金属氧化物的还原反应。然后在熔化的铅液中放入干燥的锑块。待锑全部熔化后放入剩余的铅。这时锅内温度下降至320～370℃，仔细搅拌液状合金，取样分析杂质镍、锌和铜的含量。按配方加入锡，熔融后除去浮渣就可进行铸造了。熔化合金时，应尽量不使空气与合金接触，以减少损耗。

使用过的合金在重熔时化学成分将发生变化，由于锡和锑与空气中氧作用得比较厉害，因此熔融后的字铅合金中，这两种金

属的比例就下降，所以通过化学分析而获得各自的含量之后，就需按不足之值进行补充。补充锑时一般都不用纯锑，而是用锑铅合金（如锑含量为40%、铅含量为60%）或锑锡合金（如锑含量为67%、锡含量为33%）进行，采用锑铅合金和锑锡合金的目的是降低补充金属熔化的温度，在技术上的优点较多，并可防止高温时的损耗。

重熔使用过的合金之前，要仔细拣出废铅中的锌版、铜版和其它金属材料，这些材料如不拣出则会使字铅合金的性能受到很大影响。重熔时先熔化使用过的字铅合金，再加入根据化学分析后计算而得的补充量，熔完锡锑或铅锑合金之后，再加入不足的铅，待熔化的合金的温度降至规定温度时进行浇铸。

字铅合金中如混有杂质，则合金的铸造性能将受到很大的影响，为此，可采用一些办法将合金中的有害元素除去。

字铅合金中的锌可以通过在合金中加一些盐酸盐（如氯化铵等）来除去。在400～450℃的温度下，锌与氯化铵反应生成氯化锌而漂浮在液态合金的表面上：

$$Zn + 2NH_4Cl = ZnCl_2 + 2NH_3\uparrow + H_2\uparrow$$

字铅合金中的镍元素可用硫除去，加硫还可除去字铅合金中的铜，不过加硫的克分子数应为含铜的克分子数的五倍，因为硫不仅能与铜和镍作用，而且还能与铅、锡、锑作用。

为除去有害杂质硫元素，可加氢氧化钠，其反应式如下：

$$2NaOH + 3S = 2NaHS + SO_2$$

要除去合金中的铝，可向液体合金中吹入过热的水蒸气，铝与水蒸气相互作用生成氧化铝，浮于合金液体表面。水蒸气是靠安装在熔锅底的专用蒸气管道吹入的，吹入的蒸气不仅能除去杂质铝，还能搅拌熔融的铅合金。

除去的杂质一般呈浮渣漂浮在液态合金的表面，当温度刚达到精炼温度时就应着手捞去浮渣，否则温度过高会使合金中的铜和镍的含量增加。

第五节　字铅合金对人体健康的影响

字铅合金中的铅和锑这两种金属在熔融时散发的蒸气和常温下的粉尘如果进入呼吸系统和消化系统会引起人的机体中毒。因此操作人员应严格遵守安全生产规程和劳动保护条例。这要求在操作过程中，要保持工作场地的卫生，常用湿抹布除去工作台及其它地方上落下的铅尘。工人在操作结束后和吃饭前必须用肥皂洗手，清洁口腔，不在排字房用餐。厂方每年要对操作工人进行一次例行的体格检查。熔化字铅合金的设备应装有抽气泵或排气罩；熔化字铅合金时不宜过热，因为过热会加速铅合金的蒸发；碾碎锑块时最好在专用的房子里进行，以减少有毒锑尘的传播；工人必须戴防护面罩操作，这些对工人健康都是有益的。

第三章 聚 合 物

第一节 有关聚合物的知识和性质

聚合物在印刷中所占的地位之大，要求我们在谈到印刷材料的构成和性质之前必须认识一下这些巨大分子的性质。某些聚合物既可是印刷的材料也可是被印刷的材料，例如，塑料可做成印版，用于拼版和为版面配底托用的薄膜，而薄膜包装材料又是可被印刷的材料。更多的聚合物是用作印刷材料的成分，例如，纸张就含有天然聚合物纤维，感光乳剂通常涂在聚合物片基之上，用于晒版过程的的感光涂层和光致固化膜都是不同形式的聚合物，而天然的和合成的树脂又是许多印刷油墨和表面涂层的成膜物。

聚合物顾名思义就是聚合起来的物质，聚合物是大量小的化学单元连结在一起形成链状或网状的物质。如果我们用符号○代表重复的单元，长链的一部分就可以表示成：

—○—○—○—○—○—○—○—○—○—

单元○称为单体，通常是以少量的原子组成的，如乙烯单体(C_2H_4)是由两个碳原子和四个氢原子组成的。

大量的单体分子连结在一起的反应称为聚合反应，反应的最终生成物称为聚合物。单体乙烯在高温高压的条件下连接或聚合，形成我们熟悉的塑料——聚乙烯，它的分子是由大量重复的单元—C_2H_4—构成的：

—C_2H_4—C_2H_4—C_2H_4—C_2H_4—

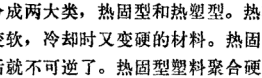
由于单体是只含几个原子的小分子，它们通常是气体（如乙烯）或液体（如苯乙烯）。另一方面，聚合物是由200～2000个单体单元组成的巨大分子，当然，它们是固体，它们大分子的尺寸使

它们具有有价值的机械性质。聚合物究竟是橡胶类，或是塑料或纤维状，取决于分子的实际形状。塑料这个词用途之广，几乎包括了所有聚合物的合成形式，如胶片、软绝缘管、模压成型物体等等。更确切地说，塑料是具有可观的机械强度的固体材料，可用铸造、模压或聚合直接成型。聚合物做成颗粒状或粉末状时，常用于表面涂布，它们通常命名为树脂，其实确切地说，尽管命名不尽相同，但都是相同的化学材料产生出来的，就象软片也可说成塑料一样。而称为橡胶的那一类材料指那些在拉伸后能够产生较大弹性变形的材料。

一、热固性和热塑性

塑料能够分成两大类，热固型和热塑型。热塑型指那些能够重复在加热时变软，冷却时又变硬的材料。热固型只能加热变软一次，变硬之后就不可逆了。热固型塑料聚合硬化的过程称为固化。热塑型塑料能在溶剂中溶解，热固型塑料往往不溶解，最多只是在某些溶液中膨胀。

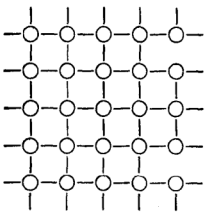
热固型塑料与热塑型塑料之区别可从它们的分子结构来考虑。如果我们再用符号○来代表聚合物相同的单元，那么热塑型塑料的分子可用长链来表示。



由于在这些长链中没有连接键，当热塑性塑料受热时，相邻的长链能够一条接一条的滑开，塑料开始变软，能够流动。溶剂分子也能渗透到长链之间去，而使长链移动，形成聚合物分子与溶剂分子的均匀混合物，即聚合物溶于溶剂中的溶液。

热固型塑料聚合后形成大的网状分子。实际上的网状是很不规则的，向三维空间连接开来的，而我们图中只能画出二维的。这样的排列方式显然比分开的链形结构的刚性要好得多，因此在聚合反应之后，在热的作用下这种材料并不流动。溶剂分子对这

样的刚性结构是不会有太大影响的，尽管溶剂有时会使热固型塑料膨胀，但溶剂无法溶解它们。用于塑料板的聚合物（如胶木）是热固型塑料，显示出极好的抗热和抗溶剂性能。



橡胶的结构介于热固型塑料和热塑型塑料之间，它可看成是松散连接的网状结构。如果对橡胶进行硫化处理，硫在分子链之间形成交联键，使橡胶在性质上更具有热塑性，更不易在溶剂中溶解（图 3-1）。在硫化过程中改变条件，就可制出由软到用于蓄电池外壳的那种特别硬的一系列橡胶产品。

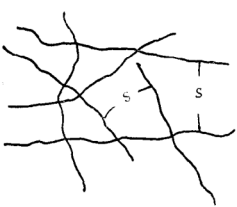


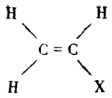
图3-1 橡胶硫化过程中形成的硫的交联键

二、聚合物的人工合成

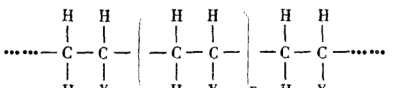
人工合成的聚合物的方法是由两种基本形式的化学反应组成的。这两种反应形式为聚合反应和缩聚反应。

1.**聚合反应**：又称加聚反应。指一种或几种不饱和的或环状的单体聚合成高聚物而不析出低分子副产物的过程。按单体品种可分均聚反应和共聚反应。

①均聚反应是一种不饱和的或环状的单体分子的聚合反应。一般情况下单体是不饱和的，其结构是

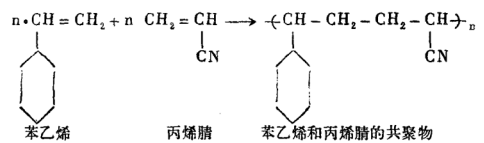


均聚反应是将这种单体的碳原子双键打开而形成下图这种形式的聚合物：



这些均聚反应的生成物都是有长链结构的物质，并具有热塑性。这一类物质中有许多是很重要的材料，如聚乙烯（在上图的结构中，X = H）、聚丙烯（X = CH_3）、聚氯乙烯（X = Cl）、聚醋酸乙烯（X = CH_3COO）和聚苯乙烯（X = C_6H_5）。见表(3-1)。

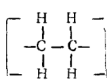
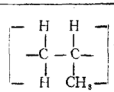
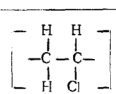
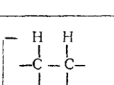
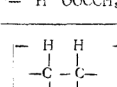
②共聚反应，又称共聚合反应，是几种不饱和的或环状的单体分子的聚合反应。这种反应得到生成物是这几种单体（或环）互相交替排列的聚合物。如苯乙烯和丙烯腈共聚合物就是这一类聚合物。



进行共聚反应的目的是消除单一单体聚合而成的聚合物具有的缺陷，而利用这几种单体的各种优点，如聚苯乙烯的机械强度小，而苯乙烯与丙烯腈共聚生成的物质的机械强度有较大的提高，在有机溶剂中的溶解度也变小了，所以苯乙烯和丙烯腈共聚物可作为凸印印版用，而纯聚苯乙烯却不能胜任。

2.缩聚反应：指一种或几种单体化合成为聚合物的同时还析

表3-1　　一些加聚聚合物

单体名称	分　子　式	聚合物名称	重复的单元
乙　烯		聚乙烯	
丙　烯		聚丙烯	
氯乙烯		聚氯乙烯	
醋酸乙烯		聚醋酸乙烯	
苯乙烯		聚苯乙烯	

出低分子副产物，如水、氯化氢、氨等化学反应过程。反应时是单体的官能团之间相互作用，而不是靠打开单体的双键来完成聚合的，因此单体可以是饱和的脂肪族化合物或芳香族化合物。由于析出了一些低分子的副产物，则聚合物分子的分子量小于参加聚合的单体的分子量之总和。缩聚反应生成的聚合物可以是链状结构，也可以是网状结构，甚至可以是三维的网状结构，取决于参加聚合反应的单体分子的立体结构和官能团数量。

醇与酸反应就是简单的缩聚反应。这个反应的原理是基于醇内总含有羟基(－OH)，可与酸中的氢(－H)结合成水(H_2O)。如

果我们用 X－OH 表示醇类，用 Y－H 表示酸类，那么反应可用下式表示：

$$\underset{\text{醇}}{X-OH} + \underset{\text{酸}}{Y-H} \longrightarrow \underset{\text{酯}}{X-Y} + \underset{\text{水}}{H_2O}$$

现在，如果醇类不是只有一个羟基(－OH)，而是有两个，如果酸也有两个氢离子(－H)，那么酯就可以多次连接而形成非常大的分子。我们可用下式来表示：

$$\underset{\text{二元醇}}{HO-X-OH} + H-Y-H \longrightarrow \left[\!\!\left[X-Y-X-Y-X-Y \right]\!\!\right] + \underset{\text{水}}{H_2O}$$
（聚酯）

这样就可制得大的聚酯分子。如果采用的醇或酸都具有两个活性基团时，产生的必是长链聚合物分子。我们已经讨论过，这些长链的聚合物都具有热塑性，因为加热可使链一条接一条地移开，因此热塑性塑料加热可流动。一冷却，长链不再流动，就又呈固体状态。

如果连接在一起可形成聚合物的两种简单的物质之一有三个可供连接的键，那么就形成三维的网状体型结构。这种排列形式的物质显然比线型结构的物质的刚性要好得多，这种排列方式是热固性塑料的排列方式，当聚合反应完成之后，这一类材料受热就不再变软，也不受溶剂的影响。

拿形成聚合物的简单的化学物质苯酚和甲醛，举例说明热固性塑料的合成情况：如图 3-2 所示。这种情况下，苯酚的分子有三个可供连接的键，而较小的甲醛分子只有两个可供连接的键。

聚合反应分几步进行，第一步是两个苯酚分子与一个甲醛分子相连。在中间步骤反应有可能终止，这种形式的未完全聚合的树脂是印刷业用来浇注活字或印版的材料，将这种未完全聚合的树脂和添加剂一起合成的酚板，在铸模机的热和压力的作用下，引起完全的化学连接，形成巨大的聚合物，呈网状型结构，可使版更硬、刚性更好，抗溶剂性能和耐热性更加稳定。

热固性意味着加热才能得到大的体型结构分子，但有一种形

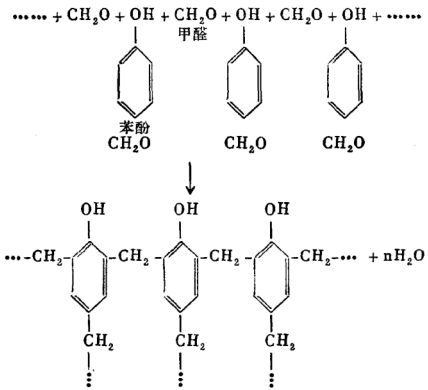


图3-2　苯酚与甲醛的反应

式的聚合反应也可在室温下进行。环氧树脂就是在室温下聚合的，加入熟化剂就能使其进一步聚合而变硬、变韧，成为难以熔化的固体。在实际使用中，环氧树脂是在使用之前将两种物质调合在一起后立刻使用的。随着加入的混合物质不同，最终产品的挠曲度也不同，可以此来调节复制出的凸版印版的挠曲性。

三、合成聚合物的性质

合成聚合物的性质一般随分子量和化学结构的不同而有明显地改变。如聚合物分子量增大，机械强度也有所提高，而溶解性随之下降，不过溶液的粘度也增加。分子量很大的聚合物就完全不挥发也不升华了。

合成聚合物的分子量并不指每一分子的分子量，因其聚合的程度略有区别，其分子量并不完全相等，我们说某一聚合物的分子量指的往往是这一物质的平均分子量。

合成聚合物遇热会熔化，固化后不象金属那样形成一定的晶格，而是呈不定型态。这是因为固化前的液态聚合物的粘度很大，因此很难形成晶格，不过有的聚合物也能结晶，这时，聚合物的理化性能已彻底改变了，不仅熔点提高了，机械强度也大大提高了。这种聚合物只有在分子链间形成氢键，同时在范德华力作用下才可形成结晶。

合成聚合物的结晶情况可以通过观察聚合物加热时形变与温度的关系而得到，图 3-3 是这种试验作出的聚合物形变与温度的关系曲线。图中曲线 1 是用无定形结构的聚合物测出的，随着温度的升高，聚合物从玻璃态转变为高弹态，这个转变在曲线上是一段较陡的曲线。图中曲线 2 是用晶态聚合物测出的，它没有这两个转变过程。

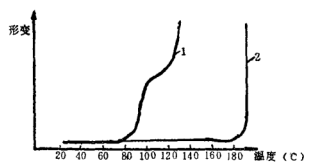


图3-3 聚合物形变与温度的关系

聚合物的性质不仅取决于聚合物的结晶情况，还与聚合物的化学结构有关，如线性的结构在加热后，分子链一条接一条地滑移开，则聚合物变软而流动，溶剂分子也容易进入分子链之间，使聚合物溶解。对体型结构的聚合物来说，它们在三个方向上都有键连接，加热或溶剂分子的作用都无法破坏原子间的键连接，因此体型聚合物加热后也不产生熔融流动，也不易于溶于溶剂。介于这二者之间的橡胶，其分子链之间又略有联系，如连接不充分，则性质偏于线性结构的聚合物，链间连接充分的，性质偏于体型结构的聚合物。这里再谈一下橡胶弹性与分子的关系。橡胶的分子长链卷曲在一起，聚集成球状（如图 3-4），如果拉伸橡胶，则这个长分子链被拉直，橡胶的长度相应伸长，而另两维的尺寸随之减小。当停止拉伸时，橡胶分子链又聚集成球，也就是说又回到了原先的尺寸。这就是我们常说的高弹性。



图3-4 橡胶分子结构示意图
a-拉伸前 b-拉伸时

四、聚合物在印刷业的应用

聚合物种类繁多，在印刷业也得到了极广泛的应用，可以说是不胜枚举。根据在印刷各工序的应用，简述如下。

在活字排版工段，由于铅合金对人体有危害，其它金属又无法满足印刷对活字的殊特要求，因此，人们在着手研究照相排字的同时，也尝试着用聚合物来代替铅合金，如用聚碳酸脂、苯乙烯和丙烯腈共聚物等材料铸造活字以及铸排，都能收到一定的效益。不过，由电子计算机控制照相排字的操作方法发展很快，因此限制了聚合物铸造活字的发展，因为这种方法最终没有排除用人工拣字带来的一系列问题。

在图版复制工段，也是由于铅合金的问题，另外，印版笨重也使人们采用聚合物代替铅合金，已经尝试了用聚氯乙烯、聚酰胺、聚丙烯、橡胶等制作印版，其耐印力等问题也达到了令人满意的程度。同时在纸型制作上也进行了使用聚合物的试验，如采用浸过酚醛树脂的纸型纸板打型，以及使用聚氯乙烯制作电镀版的型模材料。

在拼版时用透明的聚合物材料制作拼贴阳图片、阴图片，以及绘制台纸等。

这些聚合物片基也常用来制作印版版基，如小胶印印版的版基就采用绦纶片基、醋酸纤维素片基等。

有一类聚合物遇光能引起聚合反应或交联反应而使物质的性

质发生变化（如硬化），这一类光聚物常用来制作凸印版材（又称感光树脂版材），如聚氨酯、聚酰胺、脲醛树脂、环氧树脂等，它们不仅具有光致硬化的性能，可用阴图片来晒制光聚物原版以制成有凹凸图文的影象，而且能够有相当的耐印力和分辨力，尺寸稳定性、制版工艺的难易程度、制版所需的时间等方面也超过了铅版的性能，因此成本也渐渐降了下来。

平版晒版的感光层却完全是聚合物的天下，如动物胶、植物胶、聚乙烯醇、聚肉桂酸酯树脂等配制的重铬酸胶感光层，用重氮化合物、叠氮化合物、以及酚醛树脂等配制成的预涂感光版的感光涂层等等。

在造纸业，纸张纤维本身就是一大类聚合物，另外还用许多种聚合物作胶料和其它辅料。

油墨制造时采用植物油、树脂以及其它一些树脂作为连结料，另外还有一些辅料也是聚合物材料。

橡皮布和胶辊又是用另一类聚合物——橡胶制成的，另外也可用聚氨基甲酸酯、明胶等制作墨辊，它们有良好的耐油性、弹性，足以完成油墨转移的任务。

感光材料的片基也几乎完全用聚合物材料来制作，如醋酸纤维素、绦纶片基等等，感光涂层及其底层、防光晕层等也用明胶来制作。

在装帧材料上，漆布、装订用胶、封面用胶以及烫印材料等等，到处可见聚合物材料。甚至是印刷业所用的机器设备也能看到聚合物材料，如聚碳酸酯和聚酰胺材料制作的机器零件。

可以这么说，印刷业是利用和处理聚合物材料的行业，说印刷业已进入了聚合物时代可一点也不夸张。

第二节　天然聚合物

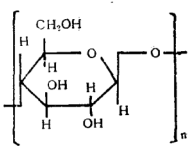
谈起聚合物，人们总是联想到这是二十世纪的产物，但早在塑料工业开始之前就开始使用一些非常重要的天然聚合物材料

了。这些天然聚合物材料包括橡胶、虫胶、阿拉伯胶、明胶、淀粉、酪蛋白、松香，当然也包括纤维，如果没有这些材料很难想象印刷工业会是什么样子。

一、纤 维 素

纤维，是植物的主要结构材料，在棉花中是一种纯的形式，但在木头中是与其它物质相混合的。造纸时蒸煮纸浆的各种过程就是要除去纤维中混合的杂质（参见第六章纸张）。纤维的主要成分是纤维素，它是碳水化合物类的多糖聚合物，是由大量β-葡萄糖基单元连结而成的。不同来源的纤维素，其聚合度也不同。例如木质纤维素的聚合度为3,000，棉纤维素的聚合度为12,000，亚麻纤维素的聚合度为36,000。聚合度越大的纤维素，具有较长的分子链，其强度也较大。

纤维素分子组成的单元β-葡萄糖基：



β-葡萄糖基有三个羟基。因此，纤维素虽与水有较好的亲和性，但不溶于水。和醇类类似（醇类物质都有羟基），能生成醚、酯和碱纤维素。纤维素不溶于有机溶剂，溶于二硫化碳（CS_2）。纤维素能经受150℃以下的高温而不被破坏，温度再升高，纤维素发生降解、强度也随之降低。当温度达270℃以上时，纤维热分解，生成醋酸、甲醇-酮，剩余物为煤焦油和碳。在浓盐酸高温催化作用下，纤维素与水作用产生水解，最终得到葡萄糖。

$$2(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \xrightarrow{HCl} nC_{12}H_{22}O_{11}(二糖纤维素)$$

$$C_{12}H_{12}O_{11} + H_2O \xrightarrow{HCl} 2C_6H_7O_6(单糖，即\ \beta\text{-葡萄糖})$$

水解的葡萄糖经发酵可制得工业酒精。

纯纤维素纤维具有一定的白度、韧性、强度和弹性。

由于纤维缺少用于表面涂层所需的溶解度，也缺乏作为可塑性材料的流动性，纤维的链状分子的羟基的易变性使纤维很容易产生各种化学反应，这些限制了纤维的使用。不过纤维的原材料成本低廉使得其成为用途广泛的一种材料。

二、纤维伴生物

纤维生长时伴随生长的物质有半纤维素和木质素等，它们存在于植物纤维中。

1.半纤维素：是介于纤维素和淀粉之间的一种物质。虽然它也掺杂于纤维素之中，实际上不是纤维素，它没有纤维结构，它是由木糖、甘露糖、葡萄糖等组成的多糖类物质，是为树木等植物储备的养料，可防止植物感染。

半纤维素易吸水膨胀，在很稀的酸中易水解。它是纤维素原料在17.5～18％的氢氧化钠溶液中于20℃时经45分钟溶解后的剩余部分。在造纸时，半纤维素的存在使纤维易于水化和溶胀，使打浆变得容易，它有利于纤维间的交织，使纸张的断裂强度、折裂强度、透明性和防油性有所提高，最重要的是提高了纸张的表面强度，这里，半纤维素起的是类似于施胶的作用。在用粘胶法制作碱纤维素时，能很快溶解于碱中而使碱液的粘度增加。

2.木质素：这也是植物纤维伴生的物质。在植物纤维中起增强细胞壁、粘合纤维的作用。它在光、潮湿空气、氧和热的作用下颜色易泛黄，因此造纸时想法去除它，机械法打浆主要是破坏它的粘结作用，化学法中的碱法是用碱液将其大部分溶解去，使纤维素和半纤维素分离出来。

三、纤维衍生物

1.碱纤维素：这是纤维素与17.5－18％的氢氧化钠溶液作用而得的纤维衍生物。反应时，氢氧化钠溶液中的钠离子部分或全

部置换去纤维素中羟基的氢原子而得，因此又称纤维素钠。

碱纤维素不失去纤维素原有的纤维结构，化学活性有所提高。用于制取纤维素醚（如羟甲基纤维素）。

2.纤维素醚：由纤维素制成的具有醚结构的高分子化合物。

①羧甲基纤维素：为纤维素和乙醇酸的醚，分子式为$[C_6H_7O_2(OH)_2-O-CH_2-COONa]_n$。不过，由于纤维素和乙醇酸不反应，制取羧甲基纤维素不是用这两种物质反应而得的，而是用碱纤维素和一氯醋酸在烧碱溶液中相互作用而得到的。

羧甲基纤维素极易溶于水，生成有粘性的、稳定的无色溶液，用作粘结剂，适合纸张和纸板的粘结，可代替淀粉用作装订粘合剂。羧甲基纤维素加入纸浆内可增加纸张的强度、耐油性和吸墨性。另外还可用作油墨防粘剂。

②甲基纤维素：又称纤维素甲醚，是纤维素和甲醇反应的产物，分子式为$[C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(OCH_3)_x]_n$，其分子量是不均匀的，这是由于酯化不均匀的缘故。其甲氧基含量不同，最大可达45%。甲氧基含量越高，溶解度也随之增高。含甲氧基14-33%的甲基纤维素可溶于冷水，含甲氧基少的甲基纤维素只能溶于热水。甲基纤维素是硫酸二甲酯（或氯甲烷、甲基碘）与碱纤维素作用而得到的。

甲基纤维素的水溶液是很好的粘合剂，可代替淀粉用作装订用胶。造纸业用于制造铜版纸，也应用于纺织、化学等工业中。

③乙基纤维素：称纤维素乙醚。由碱纤维素与氯乙烷和硫酸二甲酯作用，或由纤维素与乙醇在脱水剂存在下作用而制得的纤维素醚。乙基纤维素是白色粒状热塑性固体，它可用于制作塑料、橡胶代用品、绝缘材料、粘合剂、纺织品整理剂。它可用于感光材料片基，不过这在印刷业中并不是主要的用途，乙基纤维素主要用于制作柔性版油墨和凹印油墨，它是很好的树脂连结料。另外还可用作上光涂层、粘合剂、感光树脂版的填充及后处理等。

乙基纤维素的性质随着乙氧基（$-OCH_2CH_3$）的含量而定。

标准商品的乙氧基含量为47～48%，随着乙氧基含量增高，软化点和吸湿性降低，在有机溶剂中溶解度增大。乙基纤维素涂布后能形成坚韧的薄膜，即使在低温也能保持其挠曲性。可与树脂、蜡、油、增塑剂混用，在碱和稀酸中也不反应。

3.玻璃纸：又称赛璐玢，是英文Cellophane的音译，因其是无色透明的薄膜，因此又称透明纸。它是再生的纤维素。将碱纤维素与二硫化碳液体作用，得到纤维素黄原酸钠，再将其溶解于稀氢氧化钠溶液而得粘胶溶液。将粘胶溶液由一狭缝挤压入盛有硫酸的容器中，或在一半浸没在这种凝固液中的旋转滚筒表面上浇敷成均匀的薄层，在酸性凝固液的作用下，黄原酸盐破坏，将纤维素还原出来，成为无色透明的薄膜。再经洗涤、脱硫、漂白、干燥等工序而得成品。由于这样制得再生纤维素薄膜相当脆，因此使其通过甘油溶而增塑。玻璃纸可加入染料染成各种颜色。

玻璃纸可透过空气和水分，能很好地粘合在一起，但不能熔接。玻璃纸的两面可涂以1～5μm的硝酸纤维素、聚醋酸乙烯或有机硅漆，既可保持原有的优点，又减少原有的透气和透水性能，并且可以熔接。

玻璃纸以其透明性而常用作食品、服装和香烟等的包装材料，特别是经涂布的玻璃纸，其透气性和透水性得到改善，更适用于乳制品和肉制品、蔬菜水果、糖果饼干等的包装。由于玻璃纸可用各种印刷方法进行印刷，经涂布的玻璃纸印刷适性更是有所改善，一般采用丝网印刷或凹版印刷方法印刷。

4.纤维素酯：纤维素和不同的酸相互作用生成相应的酯，如纤维素和硝酸作用生成硝酸纤维素，纤维素和醋酸作用生成的醋酸纤维素等等，都是纤维素相应的酯。

①硝酸纤维素。常误称为硝化纤维素，是纤维素的硝酸酯。纤维素分子上的羟基(－OH)在反应后生成硝基(－NO_3)，由于纤维素分子链是由许多β—葡萄单糖连接而成的，每一重复单元有六个羟基，反应时条件不同，并不是所有羟基都能硝基化，因此

得出的产品性质也不同。一般用含氮量的高低来表示硝化的程度。含氮量较低的俗称胶棉，含氮量较高的俗称火棉。

含氮量高的火棉是硝基化充分的硝基纤维素（是硝酸和纤维素的全酯）或五硝基纤维素，用于制造无烟火药和胶质火药等。火棉不溶于水、不分散或部分分散于乙醇-乙醚混合液，分散于丙酮中。

胶棉含氮量次于火棉，印刷业通常指含氮量较低(约11.5%)的三硝基纤维素和四硝基纤维素为胶棉，是由纤维素经不同配比的硝酸和硫酸的混合酸硝化而成。胶棉不溶于水，部分或完全分散于乙醇－乙醚混合液、醋酸、戊醇酯、某些醋酸酯、丙酮等有机溶剂中。胶棉用于制作硝基漆和颜料等，胶棉溶于乙醇和乙醚的混合溶剂而得棉胶，是湿版照相制版所用的原料之一，用以配制湿版照相罗甸和翻底罗甸。胶棉可用以制作凹印油墨和柔性版油墨。胶棉用樟脑增塑剂增塑后是赛璐珞。这是第一种人造的塑料，在塑料发展史上占有重要的地位，过去用硝化纤维素制作感光材料的片基。由于其很容易燃烧，且易于褪色，不易保存，因此在感光材料片基材料中已经消声匿迹了。

②醋酸纤维素是无色的完全透明的材料，它是在二十世纪初发展起来的材料，第一次世界大战时期研制出来，用作飞机机翼的防火涂料，战后又找到许多新用途，从而得以大量生产。接下去的几年，用作纺织纤维，后又用作胶片片基、板材和模压成型的材料。

醋酸纤维素是醋酸与棉花或纸浆作用而得，根据反应条件不同，也有不同的几个级别。其不因温度和湿度的改变而发生形变，具有极好的尺寸稳定性，这是照相胶片所需的基本性质，特别是印刷行业用的制版胶片，因此，醋酸纤维素片基用作照相软片的安全片基，因为其不易燃，则取代了硝酸纤维素片基在感光材料中的地位。

除了尺寸稳定性和不燃性之外，醋酸纤维素还有水晶般透明的优点。这个优点以及不透气、不透湿气的特点被包装业所应

用，在橱窗的陈列、开窗式包装盒的应用等也都获得成功。另外，它还可以用于唱片套、书籍封面表面的覆层、在样张上覆膜，以增加印张的光泽，可用作小胶印版材。在别的行业更是用途广泛。

除此之外，醋酸与邻苯二甲酸纤维素的酸性混合醚（乙酰苯邻二甲酸盐）可作为凸印印版的光聚物成分。

四、天然树脂

天然树脂是树脂的一大类，主要是由植物获得的，还有一些是从动物提取的。树脂可以是现生存的树木分泌出来的物质，也可以是已死的树木的分泌物在土中埋了多年所化成的物质，这一类树脂又可称为化石树脂，如珐玛树脂就属此类。天然树脂种类很多，用途也很广泛，主要是用于涂料工业，在造纸、医药、绝缘材料和胶粘剂等领域也是常用的物质。

天然树脂最早指树木分泌物，如松脂，故有树脂之称，后来又陆续发现一些非植物性的天然树脂，如蛋白、虫胶、沥青等。天然树脂的来源较广，价格也较低廉，但是天然树脂也有许多杂质，使用时不容易保持质量稳定，这是天然树脂的最大缺陷。

1.珐玛树脂：又称珂玛树脂、珐玛树胶，是 Copal 的音译。这一类树脂是化石树脂，产于非州和菲律宾等地，呈黄色或黄棕色，硬度大的不能溶于一般溶剂，硬度较小的可以溶于乙醇、氯仿、冰醋酸。在常温下不与油溶合，但经熔融后能溶于松节油或亚麻仁油。主要用于制作清漆。印刷业用来制作彩色印刷上光涂料，平版制版用于配制基漆等。

2.松香：松香是由针叶树（如马尾松、云杉树等）分泌出的松脂加工而成的。采集松树干切开口子后流出的松脂液体，再经蒸馏提取松节油后得到松香的方法叫采脂法。将松树切成碎片浸在汽油等溶剂中萃取的溶液蒸去溶剂和松节油而获得松香的方法称萃取法。萃取法的松香质量较差。

松香为透明玻璃状物质，色由浅黄到棕黑色。组成十分复

杂，一般约含90%以上的松香酸及松香酸的异构体，其余为松香酸的复杂酯及烃类。松香不溶于水，能溶于乙醇、乙醚、丙酮、苯、植物油、汽油、碱溶液中。

松香酸上的羧基能与碱生成盐，能与羟基酯化，分子中的双键可加成或聚合，因此可用来对其它树脂改性。

松香的品质根据颜色、酸度、软化点、透明度等而定。一般颜色愈浅，品质越好；松香酸含量越大，酸度也越大，软化点也越高。

松香主要用于造纸、油漆、肥皂、颜料、橡胶等工业。在印刷业，松香经聚合、氢化、歧化、胺化、加成、改性而获得聚合松香、石灰松香、松香树脂等，用作油墨的连结料。松香的粘结力较强，因此有些化工产品用其作为增粘剂，印刷业也用它作为烫印材料的粘结剂。除此之外，松香用于平版制版画线的保护剂，配制基漆、显影黑墨、乙烯-醋酸乙烯共聚胶；在铜锌版有粉腐蚀中配红粉，在电镀版配制模蜡料，在凹版制版时配制拦堤蜡。

3.阿拉伯树胶：又称金合欢胶。是产于阿拉伯、南美州和非州的一种叫阿拉伯树的分泌物，外观为近似蛋形的无色或带黄色的半透明物，颜色越浅质量越好。大的有核桃大，小的直径不到一厘米。从树上收集下来后，经过筛选和分类制成成品，成品是黄棕色的团状物，一般颜色越浅，质量越佳。阿拉伯树胶表面上有细密而不规则的皱纹、凹坑，质硬而脆，破碎面有玻璃状光泽。阿拉伯树胶主要是阿拉伯糖〔$CH_2OH(CHOH)_3CHO$〕、甲基戊糖（$CH_3C_5H_9O_5$）、阿拉伯糖酸〔$CH_2OH(CHOH)_3COOH$〕以及阿拉伯糖酸的钙盐、钾盐和镁盐等。

阿拉伯树胶结构中的许多亲水基团把大量水分子吸引在其周围，使得阿拉伯树胶可缓慢地溶解于与其相等重量的水中。阿拉伯树胶的水溶液呈无色或带黄色的粘胶液，pH值为4.5～5，呈弱酸性。树胶水溶液因糖类在细菌作用下会发酵变酸，使酸度增加，颜色逐渐变深，而发出特殊的臭味。在温度增高的情况下，

发酵变酸进行得很快。因此，阿拉伯树胶溶液最好现用现配，并且可在溶液中加入少量的苯酚、苯甲酸、甲醛或麝香草酸等防腐剂，以防止树胶溶液发酵变质。

阿拉伯树胶在印刷业用途很广泛，不仅可将重铬酸盐敏化用作感光涂层，而且因为其亲水性极强，有很强的附着力，因此涂布在平印版上，可形成一层保护膜，防止锌和铅氧化；还可在湿版工艺中配制保护胶。修版工艺中配制遮光剂、预涂感光版工艺中配制显象墨之用；用阿拉伯树胶配制的润版液在印刷时作用于印版上可使非图文部分增强抗脂性和亲水性，防止上脏等故障；还可以用作胶粘剂、糊料等。

4.虫胶：又称紫草茸，是一些多羟基羧酸的内酯和交酯的复杂混合物，主要成分是罂子桐酸和三环蓓烯酸（壳脑酸和壳脑醛酸）。是由寄生于牛肋巴、秧青等二百余种虫胶树上的紫胶虫吸食和消化树汁后的分泌液在树枝上凝结干燥而成的，呈紫红色，因此，也称紫胶。这种虫胶树一般生长在南亚、东南亚及我国云南、西藏、台湾等地区。将带胶的枝条砍下，剥下胶块，经溶于溶剂并加热过滤而制成黄色或棕色的片状物质，称虫胶片，又称洋干漆。熔点115～120℃。不溶于水，而溶于醇类、醚类和苯，微溶于酯类和烃类。

虫胶可以用于制作唱片、虫胶清漆、绝缘材料，也用于制作火漆、塑料、胶粘剂等，在印刷业主要用来制作粉箔等烫印材料的胶粘层，配制冷釉感光液、平印用基漆（腊克），在凸版制版中用来配制保护不需腐蚀部分的耐酸假漆。

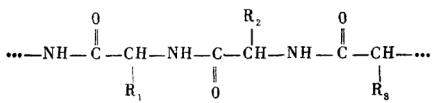
5.沥青：沥青是棕黑色固体或粘稠状物，根据来源不同可分为四大类：天然沥青、石油沥青、煤焦沥青、硬脂沥青。油墨业中用的主要是前两种。天然沥青属于天然矿产，也叫地沥青，一般认为是由石油矿挥发转变而成，其组分也和石油沥青类似。石油沥青是提炼石油的剩余物。这两种沥青的组分都是矿物油、树脂质、沥青质和少量沥青酸及酸酐。沥青中矿物油和树脂质多会降低沥青的软化点、硬度及干燥性能，但能使沥青在石油和植物

油中的溶解性提高。沥青质含量多的沥青软化点高，质硬，但在石油和植物油中的溶解性变差，沥青质氧化的产物是沥青酸及酸酐，会使溶解性进一步下降。

沥青树脂溶于低沸点烷烃，有极高的延性和很高的胶粘性，其粘结性、抗水性、抗腐蚀能力很好，且有光泽。沥青根据软化点来定标号，软化点低的是软沥青，软化点中等的称中沥青，软化点高的叫硬沥青。沥青用于涂料、塑料、橡胶等工业，也用来铺筑路面。在印刷业，沥青用在油墨中作连结料，如凹印油墨常用溶于苯的沥青作连结料，而铅印油墨则采用溶于矿物油的石油沥青，平版制版时用于配制显影墨、凸版制版时用来保护不需腐蚀的图文部分。

五、蛋白质

蛋白质是生物（动物和植物）的主要成分，是由20种不同的氨基酸聚合而成的，氨基酸间以肽键（—CO—NH—）相连接而成。如：



在结构式中 R_1、R_2、R_3…代表各种 α—氨基酸中的不同的取代基团。

由于蛋白分子结构含有大量的亲水基，如羟基（－OH）、氨基（$-NH_2$）、羧基（－COOH）等，使蛋白质易溶于水，并易于在分子表面上形成一层水化层，阻止分子间互相聚合。

蛋白质水解时首先分解出缩氨酸，也就是小分子量的蛋白质初分解物，随后又分解出氨基酸。蛋白质的分子中的羟基和多价金属盐（如铬和铝等）相互作用时会使蛋白质失去溶解性能，蛋白质因此固化。甲醛溶液和六次甲基四胺也会使蛋白质固化。

蛋白质可以分解为仅含有氨基酸的简单朊和含有其它物质的

朊族化合物。简单朊有禽蛋白、玉米朊、谷朊等，朊族化合物有如血纤维朊、生胶朊，以及含磷酸根的磷蛋白（如酪朊）、含染料的色朊（如血蛋白）。

印刷业常用的是禽蛋白、生胶朊、酪朊等。

1.**禽蛋白**：指从禽蛋中提取的半透明粘性液体，如鸡蛋白、鸭蛋白等，是由不同数量的氨基酸聚合而成的物质，主要是 α—氨基酸：

$$H-\underset{\displaystyle R}{\overset{\displaystyle COOH}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-NH_2$$

氨基酸间也以肽键相连接，聚合度约为340。

禽蛋白在 pH 值小于4.84，大于4.90的酸性或碱性溶液中带有同性电荷而相互排斥，从而阻止分子的聚合，当蛋白液 pH 值小于4.84时，或加入生物碱试剂（如钨酸、苦味酸、三氯醋酸等），蛋白会生成不溶性蛋白盐沉淀。在蛋白碱性溶液中，加入重金属离子如铜、银、铅、汞离子，则会产生不溶性蛋白沉淀，蛋白液加入大量无机中性盐（如硫酸钾、硫酸钠、氯化钠等），在盐离子的水化作用下，蛋白分子的水分子被破坏，同时削弱了所带电荷相互排斥的作用，蛋白液就会出现沉淀，这种现象叫盐析。盐析所得的沉淀可重新溶于水，并不影响蛋白原来的性质。蛋白液中加入乙醇、丙酮等极性有机溶剂，这些溶剂分子对水的亲合力很强，从而破坏了蛋白分子的水化层，也会使蛋白液产生沉淀。

蛋白不仅在强酸、强碱和有机溶剂作用下会产生沉淀，而且在高温、高压、搅拌、振荡、紫外线照射下也会使其性能发生改变，如加热到60℃以上，蛋白就变成不透明且不溶于水的固体。

蛋白的溶液很容易繁殖细菌而引起腐败，首先分解为简单的蛋白初分解物及蛋白胨等物质，继而分解为氨基酸并放出二氧化碳，或放出氨气生成脂肪酸：

$$RCH(NH_2)COOH \longrightarrow RCH_2NH_2 + CO_2\uparrow$$

或 $$RCH(NH_2)COOH + 2H \longrightarrow RCH_2COOH + NH_3\uparrow$$

最后产生有毒的腐毒碱。由于蛋白不易保存，因此常制成干燥的蛋白块和粉末来保存，并把它放在干燥并没有光线的阴凉地方保存，这样可以延长保存的时间。

蛋白不仅存在于动物禽蛋中，而且存在于动物的血液、奶、以及植物中。动物的血液中的蛋白称血蛋白，动物的奶中的称酪素蛋白，植物中的称植物蛋白（如大豆植物蛋白等）。

由于蛋白在重酪酸盐敏化后遇光能硬化，所以在印刷业用来制作感光涂布液（参见第四章“感光材料”）。另外，蛋白液可用作烫印时的粘结剂，直接照相印刷版和照相湿版的结合底膜等。

2.生胶朊：是硬蛋白质，骨胶原衍生物的蛋白质之总称。高纯度的称为明胶；低纯度的称为骨胶、皮胶。它是动物的皮、骨、角、韧带、腱和白结缔组织等经熬煮而得的蛋白质。

生胶朊从兽皮和兽骨制取的主要步骤为：用酸处理以制成骨胶原，再经酸、碱或酶的作用水解而成。

来自屠宰场和食品厂的兽皮、兽骨必须进行分类，这是因为兽种、兽龄及皮骨的部位对明胶的特性都有很大的影响。将皮、骨粉碎后，经脱脂和盐酸浸渍，去掉无机物就得到了明胶的初始产物——皮胶原和骨胶原。

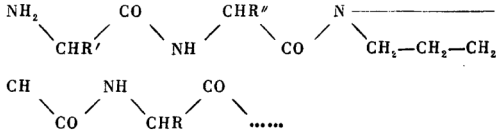
骨胶原不溶于水，需用酸或碱进一步处理，酸处理的明胶强度高，韧性差，用得较多。用于感光材料的骨胶原必须在pH值为12的饱和石灰水中浸泡，使其水解为氨基酸，这个过程称为浸灰，它是制造明胶的最重要阶段，它决定了明胶的结构，也对明胶的各种性能有很大影响，决定明胶质量的三个主要因素是浸灰的时间、温度和浓度。如果制造感光速度快的明胶，浸灰的温度为5～15℃，时间为5～8个星期；而制造感光速度慢的明胶，浸灰温度为3～5℃，时间为2～4星期。

浸灰后的骨胶原经水洗，酸中和，最后放到蒸煮锅中喷水加

热。在53～55℃下蒸煮三小时左右，即可放出第一批胶液，称为萃液，以后每隔半小时放液一次，喷一次水，温度逐渐升高，但以第一批萃液质量最佳，其后质量依次下降。一般采用前三批萃液来制取感光材料用明胶。

最后将胶汁过滤、冷凝、干燥、碾成粉末即为成品明胶。

①明胶。制成品是无色、淡黄色的透明或半透明的薄片或粉粒，无味无臭。明胶是多种蛋白质构成的混合物，含有十九种氨基酸和一种不完全肽，但不含色氨酸。其分子式如下：



式中R、R′、R″表示α—氨基酸的不同取代量。由于其有碱性的氨基和酸性的羧基，因此是一种两性化合物，在酸性溶液中带正电，在碱性溶液中带负电，而在某一pH值下电性平衡，这一pH值叫等电点。明胶的许多物理性能，如溶解度、表面张力、粘度、膨胀程度等都随pH值变化而变化，但在明胶等电点时，这些物理性质具有最低值。碱法制作的明胶的等电点在pH值4.7～5.2间，酸法制作的明胶的等电点在pH值7～9间，常用的是碱性胶。

明胶的凝固和熔化可反复多次。侧链的极性基因相互吸引，或是—NH—基团和—CO—基团之间的氢键作用而使分子链发生交联形成网状体型结构，凝固的胶称为胶冻。再次加热能使胶冻的体型结构破坏，凝固的明胶就再次熔化。

明胶在冷水中吸水膨胀，能溶于热水，冷却后凝固成凝胶状物。熔于甘油和醋酸，不溶于乙醇和乙醚。

和蛋白一样，明胶在干燥情况下能保存较长时间，在受潮或在潮湿环境中，很容易繁殖细菌而腐败。因此，总是存放于背光干燥的地方。

明胶可用于照相、食品及胶粘剂等。其杂质含量少的用于感

光材料的感光乳剂（参见第四章“感光材料”）；杂质含量多的可用作装订用胶。由于明胶与重铬酸盐溶液混合干燥后，遇光能生成不溶于水的硬化物质，在印刷业用明胶和重铬酸盐的混合物来涂布平版的感光层（如平凹版、珂罗版），凹版制版所用的碳素纸涂布的也是明胶层，用重铬酸盐溶液敏化后感光制版。除了这些，明胶还用来制作明胶胶辊、平印无绒水辊，配制湿版显影抑制剂、遮光剂等。

鱼胶是明胶的一种，是从鱼皮和鱼骨中提炼出的胶朊中分级选出的。它与其它动物明胶不同之处是它不形成凝胶体。鱼胶与重铬酸盐敏化后可用来作涂布凸版的感光液，广泛用于凸版网线图版的制作。由于它和其它天然聚合物一样，批量之间质量、性能差异很大，现已被人工聚合物所替代。

②玉米朊。俗名黍胶质，是玉米含的蛋白质，为白色或淡黄色粒状或薄片状物质。能溶于90%乙醇、丙醇、醋酸、苯酚等。不溶于水，但能吸收水分，其值为2～10%，潮湿状态下易变质。用途很广，印刷业用来制作水溶性油墨。

③酪朊。又称酪素或干酪素，是一种含磷的蛋白质。酪朊是存在于奶中的蛋白物质，约含3%。经过往奶中加酸或使其变酸，其所含的酪朊就会收缩，呈凝乳状析出，沉淀出的酪朊经过滤、清浆、干燥、粉碎而成成品。制备酪朊的方法有酸化脱脂法和凝乳酶法（加动物的胃分泌物，即凝乳酶，烧煮而得）。

酪朊是白色或黄色粉末，溶于稀碱和浓酸，几乎不溶于水，但有吸湿性。干燥时比较稳定，潮湿时就会迅速变质。酪朊很容易溶于碱性溶液而形成粘性液体，常用于粘结木材，也用作纺织品浆料等。印刷业用作装订用胶，用以粘结纸张、皮革和布料等。造纸时用其生产铜版纸。

六、淀　粉

淀粉是右旋糖的聚合物，分子式为$(C_6H_{10}O_5)_n$。淀粉是大多数植物在阳光作用下，通过吸收二氧化碳和水分而蓄积成的

碳水化合物。成品是白色粉末，根据植物的种类不同，其颗粒的形状也不同。淀粉不溶于酒精和醚，也不溶于冷水。而在热水中淀粉颗粒膨胀，其体积增加近百倍，失去了原来的形状，形成有粘性的半透明凝胶或胶体溶液，这种现象称为糊化。各种淀粉的糊化温度不同，如马铃薯淀粉糊化温度为60℃，玉米淀粉为70℃，小麦和大米的淀粉为80℃。在热水中，溶化的一部分是直链淀粉，约占10～20%，其余的不溶化的那部分是支链淀粉。直链淀粉遇碘呈蓝色，支链淀粉遇碘呈紫至紫红色。马铃薯淀粉就含有较多的直链淀粉。而玉米粉的支链淀粉含量就比较高，因此玉米淀粉的溶解性不好、糊化温度也比较高。

在印刷业、淀粉业用作装订用胶、预涂感光版的除脏剂、油墨防粘剂等，在造纸时用作纸张加填的胶料。在其它工业上淀粉用于制作麦芽糖、葡萄糖、酒精等，也用于调制印花浆、给纺织品上浆等。

七、橡　胶

1.天然橡胶：从栽培的橡胶树（主要是三叶橡树）割取的胶乳，经稀释、过滤、凝聚、滚压、干燥等工艺制造而成的固体称为生橡胶或生胶。其制作方法不同，有皱片胶和烟片胶等几种，这样便于贮存、运输和再加工。

天然橡胶的主要成份是橡胶烃，一般为顺式聚异戊二烯：

$$+CH_2-CH=\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}-CH_2+_n$$

生胶含量一般在90%以上，还有一部分水分、树脂、蛋白质、糖类和无机盐类。

南美洲的印第安人很早就利用了橡胶，15世纪末，哥伦布将其传至欧洲，但一直没有得到利用，19世纪中期才开始用来制作橡皮。

2.硫化橡胶：又称热橡胶或橡皮，是橡胶和硫起硫化作用的

产品，硫化作用使硫原子连接到橡胶分子的双键部位，使橡胶分子交联成不间断的体型网状结构。一般往天然橡胶中掺入5%的硫，在140℃条件下加热3小时，如果加有硫化促进剂，则仅需1～3.5%的硫化剂也就够了。经硫化的橡胶具有更大的弹性和热稳定性，在橡胶溶剂中的不溶解性也提高许多，在抗张强度、硬度、耐磨性和化学稳定性方面均有所加强。塑性变形小，但仍有一些。硫化过程可在蒸气中进行，也可在压力作用下（4个大气压、150℃）进行。

在硫化时通常要加入0.25～0.5%的抗氧化剂。防止氧化反应进行，延长硫化橡胶寿命。其它填充料有氧化锌、炭黑等。

3.氯化橡胶：是天然橡胶溶解于四氯化碳或二氯乙烷中通过干燥氯气而生成的产物。含氯量一般为40～65%，含氯量越高越稳定。能溶于苯、酯、酮等有机溶剂，用来制造清漆、防腐蚀材料。印刷业与丙烯酸酯并用，用于在印刷品上覆上一层聚氯乙烯薄膜的工艺中。

第三节　合成聚合物

前面谈到的材料是天然聚合物、或是用天然聚合物（如纤维素）制得的。它们并不是真正的合成聚合物。近年来迅速发展起来的塑料工业大部分是基于完全人造的聚合物（如聚乙烯、聚苯乙烯和尼龙等）发展起来的。现在，在人们的日常生活中已有了各种的合成聚合材料，如塑性材料（合成树脂和塑料）、弹性材料（如橡胶）、粘附材料（如油墨、涂料和粘合剂）、合成纤维材料、薄膜材料、光敏聚合材料和低光敏聚合材料。在印刷工业中也采用了各种各样的聚合材料，如油墨、橡皮辊、装订用布、烫金材料、粘合剂、光聚合材料等。

一、均链高聚物

均链高分子聚合物指聚合物的主链仅由一种元素的原子所组成的高分子聚合物，例如主链由碳原子组成的高聚合物，表3-1

所列的几种聚合物都是均链高聚物。常见的主链都是碳原子的均链高聚物，又称碳链高聚物，如聚乙烯、聚氯乙烯和聚苯乙烯等。主链都是由硅原子组成时又称硅链聚合物。这里只讲碳链高聚物。

1.聚乙烯：$+CH_2-CH+_n$，是无色、半透明的热塑性聚合物，具有很高的介电性和抗腐蚀性。

聚乙烯和其它新的材料一样，是纯研究项目的成果。在1933年，ICI调查了高压对化学反应的影响。调查中涉及到乙烯气体，就意外地获得了粉状的白色固体聚乙烯，六年后，即1939年，就推出了聚乙烯的全套产品。

用乙烯聚合制得的聚乙烯有两类，原始的制备方法即用高温和高压制出的聚合物带有支链，这种支链阻止相邻的分子靠得更紧，结果生成的聚乙烯是低密度的。第二种方法是吉格勒在五十年代发现的，使用催化剂使合成温度和压力都大为下降，用低压方法合成的聚乙烯是线型结构，因此分子间也就靠得很紧，结果制出的是高密度的聚乙烯。

$$\cdots\!-\!CH_2\!-\!CH_2\!-\!CH_2\!-\!CH_2\!-\!CH_2\!-\!CH_2\!-\!\cdots$$

低压聚乙烯

$$\cdots\!-\!CH\!-\!CH_2\!-\!CH_2\!-\!CH_2\!-\!CH_2\!-\!\cdots$$
$$\quad\;\;|$$
$$\quad CH_3$$

高压聚乙烯

这两种型式的聚乙烯都有很好的防水、防化学的性能，质轻以及极好的电气性能。它们的区别在于低密度聚乙烯薄膜韧性和挠曲性能较好，而高密度聚乙烯的刚性好，比较耐热（熔点高）、耐油脂，渗透性能也较低。与低密度聚乙烯不同，高密度聚乙烯的软化点在水沸点之上，这个性质允许其成品经受蒸气杀菌，因此进入了先前许多聚乙烯所不能应用的场合。

聚乙烯材料应该说是一种万能的材料，但到现在，其主要用途只是用来制作薄膜，多用于包装工业，广泛用于水果和蔬菜的包装。薄膜袋包装能保持被包装物的水分，便于陈列。除了食

物。还可用于包装纺织品、小五金、化学药品和其它一些材料。聚乙烯薄膜能透过紫外线，因此常用于大棚塑料薄膜覆盖。聚乙烯还可用作导线包皮、筒管、工业和生活容器、合成纤维制品。低分子量的聚乙烯是蜡状物质，可用于印刷油墨以改善油墨的印刷适性，并提高印张上墨层的强度。而普通的聚乙烯薄膜又经常要经印刷而使包装品美观。

聚乙烯薄膜的吸油性很差，印刷时油墨不容易附着，因此聚乙烯薄膜印刷时必须用电晕放电的方法使薄膜表面活化，或是先用强氧化剂（如氯气、臭氧、重铬酸钾等）对薄膜进行处理，同时用气体火焰短时间加工再印刷。

2.聚氯乙烯：$+CH_2—CHCl+_n$，是一种硬的用途广泛的聚合物。从水管到屋面贴瓦，从包装材料到制作印版，其用途之广也是众口皆碑的。

聚氯乙烯在92～94℃时开始软化，170℃时熔化，加入增塑剂（一种高熔点的溶剂，如酞塑二丁酯，它能使键间润滑），聚氯乙烯变得富有弹性和韧性，增塑剂用量不同，聚氯乙烯的性质也不同，刚性很好的可用来制平台机用的印版，挠曲性好的用作轮转机的印版。聚氯乙烯还可制作聚氯乙烯漆布，用于书籍装帧或垫版。聚氯乙烯涂布在纸基上制成的聚氯乙烯纸也是装订所用的高级材料。聚氯乙烯可用于配制平版制版用基漆和保护阳图用的药水。

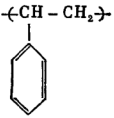
未增塑的或部分增塑的聚氯乙烯是很硬的材料，其中掺有一些辅助剂，用于制备电镀版的型模材料，其上涂以石墨或镀银之后可导电，这样就可在型模上镀铜了。

3.氯乙烯-醋酸乙烯共聚树脂：由于聚氯乙烯的性能在很多方面都已不能满足使用要求，所以需要加以改性，氯乙烯—醋酸乙烯共聚物就是聚氯乙烯改性品种之一。其分子中加入醋酸乙烯酯，分子式为

$$CH_2=\underset{\displaystyle OCOCH_3}{\underset{|}{CH}}$$

其庞大侧链使分子长链之间的距离增大，使软化点下降，流动性也好，可在较低的温度下成型。其耐老化性能好，尺寸稳定性也好，能精确按模具复制。这一点使其在唱片、计算尺和印刷版材等领域得到了应用。共聚物中的醋酸乙烯能产生内增塑的作用，因此可不加或少加增塑剂。其机械强度能提高，如抗冲击强度、坚韧性等都有所增加。醋酸乙烯酯的加入改善了溶解性能，它能溶于普通溶剂，因此也常用作涂料，其抗水性能较好。亦有用此制作平印版版基的。

4.聚苯乙烯：分子式为

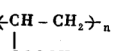


是苯乙烯经聚合而成的聚合物。这是一种热塑性的无色透明的粉末，具有耐化学腐蚀性、耐水性和优良的电绝缘性。但耐热性低，在80℃时软化，170℃时开始熔化，机械强度低，易老化发脆。能溶于芳香烃、氯代烃、脂肪族酮和酯等有机溶剂。

聚苯乙烯可用模注出各种塑料制品、以及电器绝缘材料。它可制成硬质泡沫塑料，印刷业常用来作为保护材料，它可拉成薄膜，可以印刷，聚苯乙烯可用于配制平版制版用基漆和保护阳图用的药水以及塑料翻皮液。

85％苯乙烯和15％丙烯腈共聚物既改善了机械强度低的弱点，对有机溶剂和洗涤剂的作用也稳定，可用于铸造活字和填空材料。但由于其不能经受热压制模，它在这个方面不如聚碳酸酯材料。

4.聚醋酸乙烯酯：印刷业称为聚醋酸乙烯乳液，俗名白胶。分子式为



由醋酸乙烯酯聚合而得的热塑性聚合物。根据聚合方法的不同，可获得无色粘稠液体胶乳或白色粉末，常加入增塑剂酞酸二丁酯增塑，使其富有弹性，作为装订用胶，用来粘结片基、木托等。聚醋酸乙烯酯吸水性大（2～5%），溶于乙醇、乙醚、丙酮和各种酯类。聚醋酸乙烯酯的醇溶液可以作为印样上光的高弹性清漆。除此之外，聚醋酸乙烯酯还是制作聚乙烯醇和聚乙烯醇缩醛的原料。

5.聚乙烯醇：分子式为

$$\left(CH_2-\underset{\substack{|\\OH}}{CH} \right)_n$$

是由聚醋酸乙烯酯经皂化而成的高分子化合物。为白色粉末状或絮状的热塑性树脂。因为乙烯醇单体不稳定，因此聚乙烯醇不是由乙烯醇单体聚合而成，而是用聚醋酸乙烯酯在碱性或酸性催化剂的作用下，在甲醇或乙醇中皂化而成的。印刷业用的常是在碱性催化剂的作用下皂化聚醋酸乙烯酯获得的。其化学方程式如下：

$$\underset{\text{聚醋酸乙烯酯}}{\left(\underset{\substack{|\\OCOCH_3}}{CH}-CH_2 \right)} + \underset{\text{醇}}{nROH} \xrightarrow{NaOH} \underset{\text{聚乙烯醇}}{\left(\underset{\substack{|\\OH}}{CH}-CH_2 \right)_n} + \underset{\text{酯}}{nCH_3COOR}$$

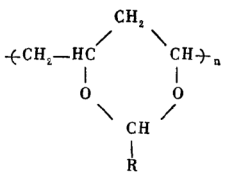
根据皂化程度不同，聚乙烯醇在水中的溶解力也不同，聚乙烯醇能溶于水的原因是它的每个单元上都有羟基（-OH）。它不溶于大部分有机溶剂。

聚乙烯醇按聚合度高低不同分为三等：把聚合度为500～700的划为低聚合度，700～1500的为中聚合度，1500～2000的为高聚合度。聚乙烯醇的聚合度越大，结晶性越强，水溶液的粘度也就越大，成膜性也越好，但在水中的溶解度也减小。低聚合度的聚乙烯醇在室温下就能溶解于水，中聚合度的必须加温才能溶解，高聚合度的需用高温锅蒸煮才能溶解，甚至基本上不溶。

聚乙烯醇可用于装订作胶粘剂，可与许多胶粘剂配合使用，

能改善粘结性能。聚乙烯醇在平版、凹版和凸版制版中可用重铬酸铵敏化后代替明胶、鱼胶等，用于晒版液。另外它可用作上光打底、印铁上光橡皮防腐剂、直接照相印版的预涂底膜，制作感光树脂版等等。在其它行业可用来粘结金属、橡胶、织物、皮革等材料，用作织物的上浆剂等等。

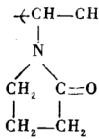
6.聚乙烯醇缩醛：是聚乙烯醇与醛类作用而成的高分子化合物的总称。其通式为：



这里R代表各种聚乙烯醇缩醛的原子团，R为H的是聚乙烯醇缩甲醛，R为CH_3的是聚乙烯醇缩乙醛，R为C_3H_7的是聚乙烯醇缩丁醛等等。聚乙烯醇缩醛的制取是从聚乙烯醇与醛作用而得，或由聚醋酸乙烯酯皂化和缩醛后而得。低级醛的聚乙烯醇缩醛有很高的粘附力，常用作粘合剂。它还具有很好的化学稳定性、透明度、耐光性。聚乙烯醇缩醛能溶于乙醇和芳香族溶剂中。

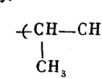
聚乙烯醇缩甲醛是很好的胶粘剂，可代替虫胶。在塑料行业里用来制作泡沫塑料。聚乙烯醇缩乙醛可用来制作尺寸稳定性好的塑料制品，如唱片、印刷版材等。还可用来生产耐热、耐磨的油漆涂料。聚乙烯醇缩丁醛作为高弹性的粘合剂，用来粘合玻璃、有机玻璃等，胶层透明、耐光、耐热、机械强度高，还可用来制作软管或硬管、制金属防蚀底层的涂料。

7.聚乙烯吡咯烷酮：是由1-乙烯基-2-吡咯烷酮在偶氮乙丁二腈参与之下聚合而成的。分子式为：



这是一种淡黄色粉末，无毒，易溶于水和大多数有机溶剂中。它对各种表面有较好的粘附性。用作双层金属版的晒版液、装订用的粘合剂、柔性版油墨的连结料等等。

8.聚丙烯：无色透明的热塑性聚合物，分子量为30000～500000，在室温下不溶于有机溶剂，能耐酸碱，耐低温，熔点为160～170℃，分子式为：



聚丙烯是1954年发现的性能很全的材料，聚丙烯长链分子的基本化学单元与聚乙烯差不多（表3-1）。聚合聚丙烯的最初试验一直没有得到成功，一直到尝试类似于吉格勒用于制作高密度聚乙烯采用的方法才获得成功。成品是至今所获得的最轻的塑料。比重只有0.90，韧性、刚性都很好，并有极好的耐热和耐化学药品的性质。

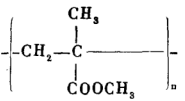
聚丙烯薄膜可分为拉伸的（定向）和不拉伸的（不定向的）两种形式，拉伸可分为纵向和横向的，也有纵横向的。在两个方向拉伸的薄膜，抗拉伸强度在各个方向上大致相同，薄膜可称为“平衡”的。

薄膜的定向过程使薄膜变薄变硬，其抗拉强度增加约一千倍，而且和其它许多塑料薄膜(如聚乙烯薄膜)一样，在这样的过程中要降低它的挠曲性并改善其防水性能。定向聚丙烯（OPP）与具有相同厚度的聚乙烯薄膜相比能够更有效地防水、防气体渗透。定向聚丙烯薄膜现在在包装上可与玻璃纸和聚乙烯薄膜相媲美。

聚丙烯除了在包装业上的应用外，还可制造纤维、绳索、皮箱、玩具、安全盔、水管等制品。在印刷上不仅是承印材料，而且可以用注模制作印版。在印刷品上覆盖一层聚丙烯薄膜能增加印品的光泽，并保护印刷品不受沾污。

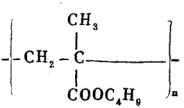
9.聚丙烯酸酯：是丙烯酸酯聚合而成的聚合物。由于丙烯酸酯种类不同，聚合物也有不同的性质。

①聚甲基丙烯酸甲酯。其分子式如下：



是甲基丙烯酸甲酯经聚合而成的高分子化合物。为热塑性材料，由本体聚合而制得的固体成型物称有机玻璃。易进行机械加工，不可用醋酸粘贴。印刷业常用来制作拼版用的透明胶片，以及制作不同种类的冲洗用盘。

②聚甲基丙烯酸丁酯。其分子式如下：



是与芳香族溶剂混合的醋酸溶液，用作凹印油墨的连结料，以及铁皮印刷白墨的底漆。

③聚甲基丙烯酸酯：是加氨的部分皂化的丙烯酸聚合物，可用作装订用胶和凹印水性油墨的成膜物质，其分子式为：



④聚甲基丙烯酸乙二醇酯：是三甘醇和甲基丙烯酸甲酯的不饱合聚合物，可用作液体感光树脂版的光聚合成分。

⑤甲基丙烯酸甲酯和氯乙烯的共聚物：其中加有稳定剂（如

硬脂酸铝）。透明而略带黄色，制成透明的薄膜片，表面平滑微带粒状，机械强度高。可用作拼版时的阴图片和阳图片的片基。

10.**聚丙烯酰胺**：由丙烯酰铵经聚合而成的聚合物，无色透明，分子式为：

$$-\left(\mathrm{CH}-\mathrm{CH_2}\right)_n-$$
$$\mathrm{CONH_2}$$

在强力搅动下能溶于水。可用作絮凝剂，在合成颜料的过程中可使颜料快速沉淀，并能改善颜料的性能。在制造油墨的过程中使含水的颜料膏剂中的水分易于除去。聚丙烯酰胺还可用于装订用胶和造纸生产，在印刷时可作为胶印润湿药水的成分之一。

11.**合成橡胶**：又称人造橡胶。是合成的高弹性高分子化合物。合成橡胶的发展很快，现在制出的许多种普通用途和特殊用途的合成橡胶，在质量和一些性能上已达到和超过天然橡胶，如耐温、耐磨、耐老化、耐腐蚀或耐油等性能。由于合成橡胶的原料易得，可大规模地生产，不象天然橡胶那样，受地理条件限制。

合成橡胶的品种很多，根据化学结构有烯烃类、二烯烃类和元素有机类等。其中常用的有丁苯橡胶、丁腈橡胶、丁基橡胶、氯丁橡胶、聚硫橡胶、聚氨基甲酸酯橡胶、聚丙烯酸酯橡胶、氯磺化聚乙烯橡胶、硅橡胶、氟橡胶、顺式聚丁二烯橡胶、顺式聚异戊二烯橡胶、乙丙橡胶等等。因单体不同，合成橡胶的性能也不同，这些橡胶可经硫化制作各种橡胶制品。

①丁腈橡胶：是丁二烯和丙烯腈的共聚物。由于它能耐各种矿物油和植物油，在印刷业得到了较广的应用。丁腈橡胶对芳香烃、酮和醚等溶剂的耐抗性较差。丁腈橡胶耐热、耐磨、耐老化性能都较好，其耐油性能随其组分中丙烯腈的含量增加而增加，而其耐低温性则随之下降。

含丙烯腈低（18—26％）的丁腈橡胶用硫黄硫化后有很高的回弹性，在低温下有良好的柔韧性、永久变形小。丙烯腈含量高

的耐油性较好，有较高的拉伸强度，在印刷业用来制作胶印橡皮布，印铁、印瓷的橡皮布，书报轮转机和报版轮转机的衬垫，以及各种胶辊。丁腈橡胶与其它橡胶或聚氯乙烯树脂合用，可改善其耐油性，提高抗张强度。未硫化的丁腈胶液用于环氧树脂粘合剂的助剂可以提高其耐溶剂性能。

②氯丁橡胶：又称氯丁二烯橡胶。是氯丁二烯的又一聚合体。分子式为：

$$+CH_2-\underset{\underset{Cl}{|}}{C}=CH-CH_2+_n$$

溶于苯和氯仿等有机溶剂。在矿物油和植物油中浸泡则稍有溶胀而不溶解。在光的作用下，易转变成为不溶于苯而具有空间体型结构的μ-聚合体。通常采用氧化锌、氧化镁等金属氧化物作硫化剂。氯丁橡胶由于有耐油、耐燃、耐热、耐臭氧、耐酸、耐氨以外的强碱等性能，并且有较高的抗张强度。但不能在芳香族或卤族烃存在的条件下使用。油只能使其有略微膨胀。

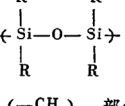
氯丁橡胶在印刷业用来制作胶印橡皮布、书报轮转机的包衬的表面胶层、印铁印瓷的橡皮布以及各种胶辊。

③聚硫橡胶：是含有硫原子的特种合成橡胶的总称。它是脂肪烃、醚类等二卤衍生物或它们的混合物和碱金属、碱土金属的多硫化物的缩聚物。每个重复单元具有两个到四个硫原子的直链。其合成的原料及其用量不同，得到的聚合物形态就不同，有的是坚韧的块状、有的是粉末状、有的则是粘稠状的液体。印刷业使用聚硫橡胶是因为聚硫橡胶不溶于油类和各种溶剂。除此之外，聚硫橡胶还具有耐晒、耐氧化、耐臭氧等性能，其抗张强度较低，伸长率较低，这可通过加入炭黑得到改善。由于其耐热、耐寒性差，常与其它橡胶合用，以改善其性能。

聚硫橡胶用氧化铅、氧化锌做硫化剂，常用于制作耐油橡胶制品。在印刷业用它与其它橡胶合用，制作胶印橡皮布、印铁印瓷橡皮布、书报轮转机的包衬的表面胶层，以及各种胶辊。并可

用于粘线路板干片底版。

⑤硅橡胶：是含有硅原子的特种合成橡胶的总称。分子通式为：



其中 R 主要是甲基（$-CH_3$），部分是乙基（$-CH_2CH_3$）、乙烯基（$-CH=CH_2$）、苯基（$-C_6H_5$）以及其它有机基团，这些基团使其具有不同的性能和用途。

硅橡胶的弹性很好，耐热、耐氧化、耐臭氧性好。但抗拉强度和伸长率较低，耐酸碱、耐有机溶剂性能也差。其主要用于航天部门。由于其成本较高，印刷业用得很少，有时也用来制作胶印印版、流涎压光热压胶辊和尼龙版脱模。

二、合成树脂

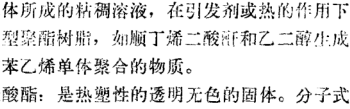
在聚合物中，往往把结构复杂或结构尚未确定的高分子化合物称为树脂，命名时在所用原料（单体）名称的后面加上“树脂”二字，如酚醛树脂、脲醛树脂等等。合成树脂是树脂中经人工聚合或缩聚而成的树脂，种类很多，性质也各不相同，广泛用于制作塑料、涂料、胶粘剂、绝缘材料和合成纤维等，其在国民经济中所占的比重以及它的发展速度都远远超过了天然树脂。印刷业也采用了多种合成树脂，简述如下：

1.聚酯树脂：由二元或多元醇和二元或多元酸缩聚而成的树脂性物质的总称。聚酯在印刷业最早是以感光材料片基出现的，当时硝酸纤维素是感光材料的主要片基。聚酯片基的出现给感光材料的生产提供了不易燃和在改变湿度和温度之后仍具有很好的尺寸稳定性的片基。这一类聚酯软片片基都具有能和感光乳剂很好亲和、片基本身无色、透明、柔韧性好，与感光乳剂不起化学作用，在多数溶剂中不溶解等性能。聚酯薄膜在印版制作上也

起了一定的作用，在软片拼版操作中常可见到可挠曲的聚酯薄膜片基。与玻璃相比、片质轻、易操作，也便于贮存。聚酯薄膜也可用于单张纸凸印轮转机，将可挠曲的印版粘在一张带式的聚酯片（厚 0.25mm）上。由于聚酯片是透明的，版的定位就相对地容易得多了，然后将聚酯片夹紧在滚筒上就可印刷了。聚酯片可作滚筒的包衬，还可用于彩色打样系统、小胶印版基。

聚酯树脂所用原料的不同可制得饱和的和不饱和的聚酯树脂，饱和的聚酯树脂主要是线型的结构，由饱和的二元酸和二元醇经缩聚或其它类似反应而成的。典型的饱和的聚酯树脂如聚对苯二甲酸乙二酯（又称涤纶）和聚碳酸酯。不饱和的聚酯树脂是不饱和的二元酸和二元醇所生成的不饱和线型聚酯树脂与具有聚合能力的单体所成的粘稠溶液，在引发剂或热的作用下发生交联而生成的体型聚酯树脂，如顺丁烯二酸酐和乙二醇生成的不饱和聚酯树脂和苯乙烯单体聚合的物质。

①聚碳酸酯：是热塑性的透明无色的固体。分子式为：



它是由二元酚（如双酚 A）和碳酸酯（如碳酸二苯酯）起酯交换而成，或由双酚 A 和光气（又称碳酰氯）合成。软化点很高，在机械性能和耐磨性方面超过许多金属和合金，因此常用来制造机械零件。印刷业也用来制作活字，其强度比字铅合金铸造的铅字大十倍。

②醇酸树脂：是由多元醇和二元酸缩聚而成的一族饱和聚酯树脂。一般是粘稠液体或固体，具有热固性的树脂。用其制成的涂料通常具有极好的耐久性、光泽、附着力、硬度、弹性和绝缘性等性质，可制成性能不同的产品，并可和其它涂料成分合用，以改进其性能。

醇酸树脂所用的原料不同，可分为四种类型：纯醇酸树脂、

非干性油改性醇酸树脂、干性油改性醇酸树脂以及松香改性醇酸树脂。由甘油和肽酐生成的纯醇树脂在表面涂布中有点价值，因为在普通溶剂中缺乏溶解性，但这些醇酸树脂能用某些植物油所改性，例如亚麻子油、大豆油，印刷业用这一类干性油改性醇酸树脂作为凸印和平印用的油墨的树脂连结料。

聚酯纤维是用二元醇和芳香二羧酸制成的，因此它也是醇酸树脂中的一种。

聚酯纤维一般由二元醇和芳香二羧酸缩聚成的聚酯熔融纺丝而成的，最有代表性的是涤纶。

涤纶学名为聚对苯二甲酸乙二酯纤维，是由对苯二甲酸和乙二醇合成的，分子式为：

$$+OCH_2CH_2OOC-\langle\bigcirc\rangle-COO+_n$$

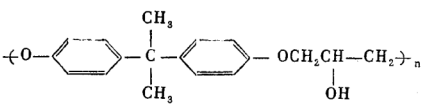
涤纶可以用来织成布料，其回弹性、压缩弹性、抗皱性、耐热性、耐光性、化学稳定性和绝缘性都很高，吸湿性很小(0.4%)。涤纶薄膜是感光材料很理想的片基，其尺寸稳定性很好。将涤纶薄膜覆盖在书籍封面材料上，可增加印品的光泽度，并保护封面不被沾污。涤纶片基还可作为烫印材料的支持体，以及小胶印的印版。

2.酚醛树脂：指酚类和醛类缩聚而成的树脂性物质的总称，通常指由苯酚或含其同系物（如甲酚、二甲酚）和甲醛作用而得的液态和固态产品。前面所说的用作复制活字和印版的苯酚和甲醛就是最简单的一种酚醛树脂。酚醛树脂的原料类型不同，酚与醛的配比、催化剂类型不同，可制得热塑性或热固性两类不同的树脂，其在有机溶剂中的溶解力也不同。在酸性催化剂的作用下，使酚的克分子量超过醛的克分子用量，在一个酚分子上只有一个醛分子结合，得到链形结构的热塑性树脂，这种树脂加入熟化剂（如六次甲基四胺）可转变为热固性树脂，而热固性树脂一般是以三官能的酚类为原料，并使醛的克分子用量超出酚的克分子用量，在碱性催化剂作用下生成的。制作时一般经过原料缩聚

和树脂干燥两个步骤。

酚醛树脂用于制备涂料、粘合剂、耐酸胶泥和酚醛塑料等，酚醛树脂用于制作酚醛清漆、其漆膜光洁坚韧，耐久性、耐水性和耐酸性都很好。由对甲酚等酚类代替苯酚为原料而制得的纯油溶性酚醛树脂、或是加入松香等第三种原料而制得的改性油溶性酚醛树脂是涂料工业制造清漆的原料，也是印刷油墨很好的连结料，用于制作平印和凸印的快干亮光油墨，以及凹印的汽油型油墨。酚醛塑料可用来制作零件、电气设备附件、以及一些用具，如耐酸槽、显影盘等等。

3.聚酚氧：又称苯氧树脂，是一种热塑性树脂，由双酚A与环氧氯丙烷缩聚而成。其分子式如下：



分子链上的苯环、异丙基和醚键使聚酚氧具有良好的机械强度（如抗冲击强度、抗挠曲性、刚性等）和热稳定性，而羟基使其能与酸酐、异氰酸酯等交联固化，可用作粘合剂和涂料。醚键和羟基的存在使得尺寸稳定性很好，可用于制作精密零件和印刷版材。其耐磨性好，耐印力高，而且因为成型时不加增塑剂和稳定剂，因此无毒无害，是理想的凸印版材用料，其制得的印版耐印力已达一百万印。

4.氨基树脂：由含有氨基的化合物与甲醛经缩聚而成的树脂性物质的总称；重要的有脲醛树脂、三聚氰胺－甲醛树脂和苯胺甲醛树脂，用于制作涂料、粘合剂、塑料或鞣料，也可用于织物和纸张的防缩防皱处理等。

①蜜胺醛树脂：是蜜胺和甲醛的缩聚物，是一种低分子聚合物。将蜜胺醛树脂加入纸浆中，在通过抄纸机的干燥部分时，蜜胺醛树脂和纤维素起化学反应使纸张明显变硬，从而提高了纸张

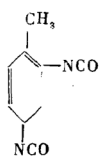
的耐水性。因此，蜜脂醛起到施胶的作用，用于制造铜版纸。

②脲醛树脂。又称尿素甲醛树脂，由脲（尿素）与甲醛缩聚而成；用于制造塑料、涂料、胶粘剂，也用于织物和纸张的处理剂。在抄纸时的作用与蜜胺醛树脂类似，不过脲醛树脂的价格比较便宜，制造简单，还比较坚硬。在树脂最终硬化时，能更好地保留甲醛。

③三聚氰胺－甲醛树脂：是一族由三聚氰胺与甲醛缩聚而成的树脂；性能与脲醛树脂很类似，但具有较好的耐热性、耐水性，也用于制造塑料、涂料和胶粘剂处理织物。印刷业用其处理纸张。

④苯胺甲醛树脂。由苯胺与甲醛经缩聚而成的树脂。是略有热塑性的高粘度的半透明液体。具有很好的耐气候性、耐紫外线性、耐水性、耐油性和耐碱性。它可用于制作变压器套管和人造革，也可用作环氧树脂的硬化剂。印刷业一般让它与其它树脂并用，作为印铁油墨的连结料。

⑤聚氨基甲酸酯：简称聚胺酯。由二元或多元异氰酸酯与二元或多元羟基化合物作用而成的高分子化合物的总称。主链上含有许多重复的 $-NH-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-$ 基团。例如用间甲苯二胺与光气作用成间甲苯二异氰酸酯：



再经与二元或多元醇进行酯化缩聚而成产物。根据所有的原料的不同，可得不同性质的产品。用于制造塑料、耐磨合成橡胶、合成纤维、硬质或软质泡沫塑料、胶粘剂和涂料等。

印刷行业用来制造墨辊，采用的原料是己二酸、二甘醇和甘

油为主的聚酯和二异三聚氰酸酯。其在抗机械磨损、在相对湿度改变下的尺寸稳定性，以及不被油墨和有机溶剂渗透等方面优于明胶墨辊。聚氨酯树脂还可用来制造快干油墨。

⑥聚酰胺：又称聚酰胺树脂，是二元酸和二元胺合成，或由氨基酸缩聚而成的一族聚合物，其分子式是$\leftarrow NH—R—CO\rightarrow_n$或$\leftarrow NH—R—NH—CO—R'—CO\rightarrow_n$。通常是有弹性的热塑性树脂。这一族聚合物为人最熟悉的要数尼龙。尼龙是一类纺织纤维，它们不仅用于纺织，在工业上也有很重要的应用，印刷业用来制作印版，即可作为感光树脂版系统的印版，也可用于制作凸版。感光尼龙凸版用醇溶性尼龙作为主体成分（如尼龙6、尼龙66），用不饱和的二乙烯基单体（如亚甲基双丙烯酰胺、六次甲基双甲基丙烯酰胺等N取代的双官能团的丙烯酰胺）作为交联剂，在增感剂（如二苯甲酮、安息香醚类、吖啶酮、米尼酮等）增感，再加上一些辅剂而成。其印版耐印力高，印出的网点光洁、墨色厚实、垫版容易。

聚酰胺薄膜在存放时不易起皱，其气体透过力低，对氮、氧、二氧化碳、水蒸气、有机溶剂气体都有一定的防护性能，在高压消毒条件下不变形，所以常用作热包装。由于聚酰胺薄膜印刷前不必做任何加工，而且可用任一种印刷方法印刷，因此得到广泛的应用，有时还用于制作书籍封面。

第四章　感光材料

印刷业正越来越依赖于用照相的方法来制作印版，因此，印刷业对感光材料的品种、数量的要求也越来越高。尽管各种不同的印刷工艺都有自己的特点，但无论平版、凸版、凹版或丝网印刷，它们的照相制版原理都是雷同的。只有对感光材料的性质有充分地了解，才能根据不同的原稿，选用不同的感光材料，制作出适合于每一种印刷的印版来。

感光材料指的是在曝光之后会产生物理的或化学的变化，经过适当的显影和定影处理能够形成影象的一类材料。印刷业使用的感光材料可分为两个主要的类别，一类是以卤化银为主的银盐照相感光材料，另一类是用于将照相制得的图文再转移到印版表面以获得凸印、平印或凹印印版的晒版用感光材料。

第一节　银盐感光材料

银盐感光材料即材料中起光化学作用的物质是卤化银的一类感光材料。卤化银是银和卤素所生成的化合物。卤化银的微晶粒分散在明胶中，形成感光乳剂，再涂于胶片、纸张或玻璃上制成感光材料。这些银盐曝光之后就析出细小的黑色的金属银粒，在阴图或阳图上的黑色区域就是由这些细小的银颗粒组成的。

一、卤　化　银

多数银盐都有照相感光的性能，但其中有三种是极其适用于摄影的，这就是氯化银、溴化银和碘化银。氯化银的感光速度较慢，用于制作印相纸；溴化银的感光速度较快，用于制作阴图感光乳剂；少量的碘化银与溴化银混合后用于制作快速阴图感光乳

剂。这三种银盐都是卤族元素与金属银生成的化合物，因此，将这三种银盐统称为卤化银，它们也和卤素一样，是一族化合物，具有相似的性质，但又有一些区别，如下表所示。

表4-1　　卤化银性质的比较

名　称	分子式	颜　色	溶解度(克分子/升)	感光度
氯化银	AgCl	白	1.33×10^{-5}	低
溴化银	AgBr	浅　黄	7.12×10^{-7}	高
碘化银	AgI	柠檬黄	2×10^{-8}	最　高

卤化银可用可溶银盐溶液（通常为硝酸银）与碱金属卤化物混合而制得。就拿这三种卤化物中最重要的溴化银来说，它可通过将溴化钾加入硝酸银溶液中来制得，其反应方程式如下：

$$AgNO_3 + KBr \longrightarrow AgBr\downarrow + KNO_3$$

硝酸银　溴化钾　　溴化银　硝酸钾

用这种方法制得的溴化银颗粒是从溶液中析出的粗粒的团状物，对感光涂层是毫无用处的。制作感光乳剂时，必须获得可悬浮在溶液中的卤化银细小颗粒，这可借助明胶来实现，这是明胶在照相业中的许多用途之一。

二、明　胶

明胶是由动物骨头和组织经水解后而制得的蛋白质。尽管经过许多人多年的研究，已经发现了许多人工合成的代用品，但明胶在照相业的位置还没受到过真正的挑战。明胶有许多特殊的性质，每一种性质都使感光乳剂的性能得到改善。

我们知道，首先明胶对许多材料的表面都具有极强的粘结性，这个性质能很好地防止了感光乳剂层的剥落。第二，明胶又是乳剂层中的成膜物质，明胶膜具有极好的韧性，它可以很好地防护卤化银颗粒不受机械损伤。第三，明胶在冷水中吸水膨胀但不

溶解，这样就可以使明胶中的卤化银颗粒可与显影液、定影液接触，又不至于被冲洗掉。明胶在大约35℃的温水中也不溶解，只形成胶体分散溶液，如果卤化银在这个分散液中沉淀，明胶胶体微粒能够包围极细小的卤化物颗粒。由于这个作用，在卤化银晶核生成后，明胶能起保护作用不使晶核继续增长，明胶这一特性对乳剂层的感光性能有很大的影响。第四，明胶溶液冷却成凝胶后，溶液中还有约大于2％的明胶。从“液悬体”转变成“水凝胶”。这个过程使感光乳剂在涂布到片基上时容易固着。明胶的第五个性质是它能在甲醛或铝盐等化学药品的作用下硬化，来减少它在水中膨胀的程度，从而提高它在水中溶解的温度。第六，明胶中含有少量能大大改善感光乳剂感光性能的某些化学成分，这些成分相当复杂，大都具有还原性或含有活泼的硫原子，可使卤化银晶体生成银或硫化银的质点而形成感光中心，从而提高感光材料的感光度。这些成分也可除去而制成不活泼的明胶，再加入合成的感光物质，以控制生产出的乳剂的一些性能（如生产具有低感光度的乳剂）。另外，明胶还能吸附有机染料而被染色，各种感光胶片的防光晕层都应用了明胶染色这一性质。

三、感光乳剂

我们已谈过硝酸银与溴化钾溶液混合后沉淀出溴化银来。如果在加入硝酸银之前将明胶溶液加到溴化钾溶液中，就制成感光乳剂。这看起来很简单，但事实上，感光乳剂的生产技术是极其复杂的问题，就这题目就可写一本书了。

不同的感光材料需要有不同的感光乳剂，各种乳剂中的卤化银颗粒的大小相差很大，直径从十几毫微米到几个微米不等。卤化银颗粒的大小和分布对乳剂的感光性能影响很大，如表4-2所示。

这是因为在固定的曝光条件下，较大的颗粒吸收较多的光，一般应比小颗粒感光更灵敏；颗粒小的感光乳剂，其大小较均匀，在不同亮度条件下，可显影的颗粒数的差别较大，因此该感

表4-2　　乳剂颗粒大小与感光性能之间的关系

卤化银颗粒大小	卤化银颗粒分散程度	耗用银量	感光度 S	宽容度 L	最大密度 D_{max}	灰雾 D_0	反差系数 r	解象力 R	适用片种
颗粒大	大小不一	多	高	大	小	较大	小	小	底片
颗粒小	小而均匀	少	低	小	大	小	大	大	正片

光乳剂，大小就不一致了，反差系数也小。

由于乳剂中卤化银颗粒的大小不同于感光性能有很大的影响。因此，在制作感光乳剂时，必须仔细控制反应的条件，即控制溶液的温度、浓度以及加料的速度。

感光乳剂还含有少量其它的添加剂，这些添加剂含量虽少，但对乳剂层的感光度、稳定性、感色性、防腐性等性能有很大的影响。这些添加剂包括使干固后的涂层更柔软的甘油；为减少涂布时起泡的酒精；使感光膜层在显影定影的溶液中更容易浸润的表面活性剂；为减少明胶膨胀和提高明胶溶解度的坚膜剂；为改善感光性能的金盐和其它增感剂，以及调整乳剂感色性能的光学增感染料等。

感光乳剂中卤化银与明胶的比例以重量来说，在一般阴图片乳剂中约为40∶60，而对于平印乳剂，这个比例要高得多，有些特殊用途的乳剂可高达80∶20。

将配制好的感光乳剂涂布在软片、纸张或玻璃上，就制成适用的感光材料了。

四、曝　光

卤化银曝光后将还原成金属银和卤素（氯、溴或碘）。如果曝光时间非常长，产生的银颗粒足以产生可见的发暗现象。可是，摄影中更常用的是瞬时曝光，它仅析出很少的银原子，在受光区域里并不出现可见的暗影。卤化物颗粒中还原出的一小簇银原子构成“潜影”，潜影在显影的过程中可放大几亿倍，也就是

说，如果在照相中形成一个银原子，在显影后可形成十亿个银原子。曝光对显影来说可以比喻成炸弹中的雷管，第二个过程的效果固然是大得多，但没有第一个过程也是不可能的。

曝光后的乳剂在显影时，黑色图象开始从各个孤立的微粒即称为“显影中心”的地方往外增长。这些构成影象的成团的“显影中心”就是一组组的银原子。

潜影形成的理论是随着照相科学的不断发展，在1938年由英国科学家格尼（Gurney）和莫特（Mott）提出来的，现在仍在不断完善。感光乳剂中的卤化银颗粒中的银原子和卤素离子是呈正立方晶格排列的，每一银离子与六个卤素离子相邻，而每一卤素离子也与六个银离子相邻。根据格尼—莫特理论，导致潜影形成的照相反应分为两个阶段，一是电子阶段，一是离子阶段。

首先一个光子被卤化银晶体所吸收，其能量使某个卤素离子激发，使这个卤素离子中的电子由价带过渡到银离子的导带，电子沿导带飞速移动，直到它遇到感光中心为止。在感光中心其能级位于银离子的导带之下，到达感光中心的电子丢失一部分能量而被吸陷在感光中心里。俘获了电子的感光中心带负电。由于被激发而形成的溴原子又从邻近的离子得到电子，旁边的离子而被还原成原子，又吸附邻近的离子上的电子，这样继续下去，道理与“空穴”移动的道理一样，直到溴原子到达晶体的表面，与明胶结合为止。在离子阶段，带负电荷的感光中心吸引晶格中的银离子并中和银离子，使其还原成银原子。

这个过程重复下去，还原的银原子越来越多，到达一定数值后，这聚集成团的银原子就形成了可显影的潜影核，这又称为显影中心。只有那些具有显影中心的卤化银颗粒才是可显影的。在同一卤化银颗粒中，显影中心越多则颗粒越容易被还原，感光度也就越高。由于颗粒大的卤化银晶体缺陷和位错多，形成的感光中心也多，因此颗粒大的感光乳剂感光度一般也较高。

曝光和未曝光的卤化银颗粒之间的区别在于银原子形成的质点大小不同，曝光前的银质点（感光中心）小，催化作用弱，还

原得很慢；而曝光后的银质点（显影中心）大，还原速度快。当然未曝光的卤化银颗粒经长时间强烈显影也会还原出银来，它与曝光后的卤化银颗粒之区别只是还原速度的快慢而已。而产生显影中心所需的实际曝光量可随着显影液的性质以及显影的温度和时间的变化而变化。

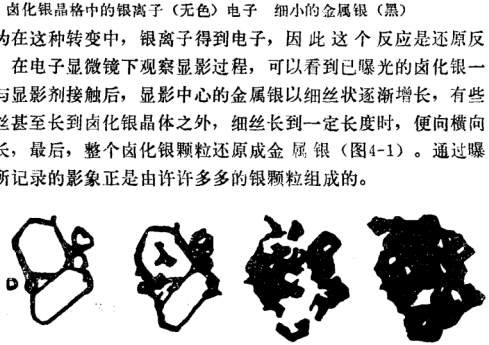
五、显　影

曝光和显影的过程是银离子（Ag^+）转变成银原子（Ag）的过程：

$$Ag^+ + e \longrightarrow Ag$$

卤化银晶格中的银离子（无色）　电子　细小的金属银（黑）

因为在这种转变中，银离子得到电子，因此这个反应是还原反应。在电子显微镜下观察显影过程，可以看到已曝光的卤化银一旦与显影剂接触后，显影中心的金属银以细丝状逐渐增长，有些细丝甚至长到卤化银晶体之外，细丝长到一定长度时，便向横向增长，最后，整个卤化银颗粒还原成金属银（图4-1）。通过曝光所记录的影象正是由许许多多的银颗粒组成的。



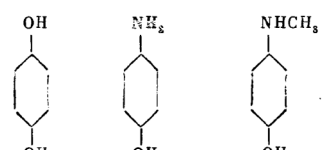
显影之前的颗粒　　显影3分钟　　显影6分钟　　显影9分钟

图4-1　卤化银颗粒在显影各阶段的状态

显影中心的金属银具有良好的导电性，在氧化还原反应中，能迅速地将电子从显影剂传递给卤化银晶格上的银离子，促使其还原，显影剂因释出自己的电子而被氧化，而带负电荷的卤素离子离开卤化银晶格进入显影液中。没有产生潜影的部分没有显影中心的催化作用，只有显影剂直接与卤化银晶面上的银离子接触

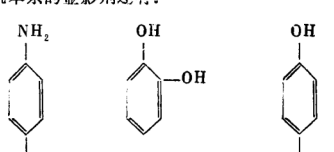
才可能发生氧化还原反应，这种接触的机会要比有显影中心的部分要少得多。因此，虽然二者都是卤化银的还原反应，但反应的速度要差得很多，正是利用这个差距，才有可能产生黑白的影象。

显影过程是将已曝光的感光材料浸入显影液里进行的，由于显影就是银离子得到电子的过程，显影液中的主要成分应该是能供给电子的物质，即显影剂应该是还原剂。尽管还原剂有成千种，但只有很少的几种具有还原能力的物质可用于光照射过的卤化银颗粒的还原，过于活泼的还原剂会使所有的银粒，不管是曝光的还是没有曝光的，统统还原，而许多弱还原剂甚至对曝过光的颗粒都没有作用。作为显影剂的还原剂还需具备其它一些特殊要求，如溶解性要好，不对胶片染色，无毒等。通常使用的有效的显影剂一般为苯系化合物：苯的两个或两个以上的氢被羟基（—OH）、氨基（$—NH_2$）或烷基氨基（即—NHR）所替代，最常用的三种还原剂的分子式如下所示：



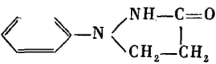
对苯二酚（几奴尼）　对氨基苯酚（高德隆）　对甲氨基苯酚（米吐尔）

属于有机苯系的显影剂还有：



邻苯二胺　邻苯二酚（儿茶酚）　对羟苯基甘氨酸（格里星）

除有机苯系显影剂之外，其它可用作显影剂的物质中最常用的是菲尼酮。



这些显影剂都是还原剂。由于物质的还原能力是和分子个别位置上电子云的密度紧密相连的，这些分子中都有很容易使电子云发生移动或再分配的双键。显影剂不仅有双键，而且还有活性基团。这些活性基团能使电子云局部密度增大，并能提供电子，这种活性基团称为电子供体基。对显影剂来说，只要有一个取代基使电子云的密度提高到必要的程度，该分子就具有显影性能。取代基的活性不仅取决于其本身的结构（如—OH基、$-NH_2$基、$-CH_3$基、$=CH_2$基），还取决于它的整个分子的结构，如位于苯环上的对位和邻位的活性基可使电子云密度增加，而位于间位的活性基则不能。

这些还原剂仅在碱性溶液中起作用，因此显影液中通常还含有氢氧化钠、碳酸钠或其它作促进剂的碱性物质。由于明胶处于等电点（pH值为4.8）时的吸水量最小，所以碱液的第二个作用是增加明胶吸水膨胀量。

感光材料未经曝光的部分，在显影后往往也会出现一定程度的致黑现象，这种“灰雾”现象会降低反差，因此在显影液中常常要加入一定数量的抑制剂来降低灰雾，常用的是溴化钾，因为溴化钾是显影后产生的物质之一，而在任何化学反应中，生成物的增加必然要使反应速度减慢，显影加入溴化钾对显影可起抑制作用，控制反应的速度。加入溴化钾后，溴化钾在水溶液中离解成带正电荷的钾离子和带负电荷的溴离子，溴离子在显影时吸附在卤化银颗粒的表面上，形成负电荷层，排斥显影剂的阴离子，从而阻碍了还原反应的进行，防止产生灰雾。

空气中的氧会氧化显影剂而减弱显影能力，还会污染乳剂层，因此显影液中还要加入一些抗氧化的保护剂，通常采用亚硫

酸钠来防止大气的氧化作用，保持溶液的新鲜。

六、定　影

显影后，没有被还原成银的区域仍然覆盖着未曝光的卤化银涂层，这些涂层仍然具有感光的性质，如果将它们留在片基上，受光后就会慢慢变暗，使整个画面变成灰朦朦的一片。因此，必须把未曝光的颗粒除去，使影象得以固定，这个过程称为定影。由于卤化银在水中难溶，实际操作中一般是将卤化银中的银离子转变成难于离解的络离子，从而降低溶液中的银离子的浓度，这样卤化银也就可以不断溶解。一直沿用的是硫代硫酸钠（俗称海波，分子式为 $Na_2S_2O_3$），反应如下所示：

$$\underset{\text{不溶}}{AgBr} + \underset{\text{溶}}{Na_2S_2O_3} \longrightarrow \underset{\text{微溶}}{NaAgS_2O_3} + \underset{\text{溶}}{NaBr}$$

这一步完成之后，乳剂层已透明，但定影过程尚未完成。如果定影在此终止，那么硫代硫酸银钠经过长时间存放后将分解成硫化银，在乳剂层上出现无法消除的棕黄色痕迹。这一步生成的硫代硫酸银钠以络离子的形式存在：

$$NaAgS_2O_3 \rightleftharpoons Na^+ + AgS_2O_3^-$$

含银的络离子从乳剂层内向外扩散到溶液中，与硫代硫酸钠继续反应，形成可溶于水的硫代硫酸三钠银：

$$\underset{\text{微溶}}{NaAgS_2O_3} + \underset{\text{溶}}{Na_2S_2O_3} \longrightarrow \underset{\text{溶}}{Na_3Ag(S_2O_3)_2}$$

将两式合起来，可写成：

$$\underset{\text{不溶}}{AgBr} + 2\underset{\text{溶}}{Na_2S_2O_3} \longrightarrow \underset{\text{溶}}{Na_3Ag(S_2O_3)_2} + \underset{\text{溶}}{NaBr}$$

实际生成的络离子还有 $Na_4[Ag(S_2O_3)_3]$、$Na_5[Ag(S_2O_3)_4]$ 和其它一些盐。

由于显影液还有可能被带到定影液中，如不受到抑制，它就还能继续显影。解决的办法可以使底片在显影后定影前先在水中或弱酸液中漂洗，可是，更常用的方法是采用酸性定影液，因为

还原剂一般只在碱性溶液中起作用，酸性溶液可以停止显影过程，并能中和存在于乳剂层中的显影液，不仅可防止显影过度、显影不匀或产生灰雾等弊病，也可减少定影液中被带入的显影液的数量。但是，硫代硫酸钠在酸性溶液中并不稳定，易于析出硫，使溶液混浊：

$$Na_2S_2O_3 + 2HCl \longrightarrow H_2SO_3 + S\downarrow + 2NaCl$$

这个反应在亚硫酸离子浓度提高之后是可逆的。酸式硫酸钠或亚硫酸钠和醋酸都可提供酸性溶液中的亚硫酸离子。

定影液的另一个成分是坚膜剂，即钾矾（$K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$），其作用是减少明胶在定影和水洗过程中过分吸水膨胀，防止乳剂层脱落或在加工操作中擦伤或划伤。铬酸（$K_2SO_4 \cdot Cr_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$）和福尔马林（即40%甲醛溶液）也可用作坚膜剂。

七、后处理

在显影和定影之后，可能要更改图象的密度，这就要减薄或加厚银图象，有许多方法都可达到这个目的。

底片减薄，是将组成影象的银的一部分再转变成银盐，并在一定的溶液中溶解掉。例如，通常采用的是法莫尔减薄剂，它所含的铁氰化钾可将银转变成亚铁氰化银，而硫代硫酸钠可将其溶解掉：

$$4Ag + 4K_3Fe(CN)_6 \longrightarrow Ag_4Fe(CN)_6 + 3K_4Fe(CN)_6$$

银　铁氰化钾　亚铁氰化银（溶于海波）　亚铁氰化钾（溶）

法莫尔减薄液使所有部位的密度降低的程度都相等，因此，在密度较低的部位，效果也较好。这种减薄液最适应那些显影正确、但因为曝光过度造成密度过高的底片。其它一些等比例减薄液按影象出现的银量不同按比例进行减薄，这样，密度值按相同的比例减少，它可随着密度值降低同时降低图象的反差，这类减薄液适用于曝光正确但显影过度的阴图。

银图象的密度可以通过物理和化学的方法加厚。物理加厚的方法是将阴图浸入含有化学还原剂（即显影液）以及银盐或汞盐的溶液中使银或汞沉淀到图象上。化学加厚的方法是用氧化剂使银图象先转化成卤化银，而氧化剂还原成不溶的化合物，然后两种物质都以黑色的金属形式沉淀。例如，氯化汞与银作用生成氯化银和氯化亚汞，二者都能被氨水或显影液转变为金属形式：

$$\underset{\text{银(黑色)}}{Ag} + \underset{\text{氯化汞}}{HgCl_2} \longrightarrow \underset{\text{氯化银(白色)}}{AgCl} + \underset{\text{氯化亚汞(白色)}}{HgCl}$$

$$\downarrow \quad \text{氨水或显影液} \quad \downarrow$$

$$\underset{\text{(黑色)}}{Ag} \qquad\qquad \underset{\text{(黑色)}}{Hg}$$

八、水　洗

在显影加工过程中，为了去除加工时产生的剩余物质，需要进行两次水洗，一次在显影之后，又称“停显”或“中间水洗”，这次水洗用以停止显影，并防止将显影液带入定影液而影响定影液寿命为目的。第二次水洗是在定影之后，因此也称做“最后水洗”，目的是洗掉定影剂和其它杂质，这次水洗必须充分，否则会影响影象的保存，因为在定影后，乳剂层的表面和内部残留的硫代硫酸钠和少量的银络合物会与组成影象的银颗粒起化学反应，生成棕黄色的硫化银，因此一般要在流动的水中洗涤30分钟以上。

水洗的过程就是定影液及定影时的生成物从乳剂层向外扩散的过程，也是大量的水使少量的银络合物发生水解反应，生成难溶性银络合物的过程。

水洗用水要清洁，最好偏碱性，水流中速。水温不宜过高，否则乳剂层吸水膨胀，易发生机械性损伤，甚至使明胶溶解，但水温过低延缓水洗时间，且用水过多，一般掌握在14～24℃之间。

第二节　非银盐感光材料

每一种主要的印刷方法的印版制作基本上都涉及到将软片或玻璃上的摄影图象转化成金属版或塑料上的凹印、凸印或平印用的图象。这通常是利用感光涂层曝光后溶解性的改变这一性质来获得的，用阴图或阳图对感光涂层进行曝光，受光部位硬化或分解而改变其溶解性，这些部位一般用作腐蚀印版或印版滚筒时金属表面的残存面积，或在平印印版上作为图文的基础。虽然在各种印刷方法中其操作的细节各不相同，但这种方法是将摄影图文转化成凸印、平印和凹印印版上的图象的基本方法。

用于这一过程的感光涂层种类很多，根据光反应的种类可分为光交联型、光聚合型、光氧化还原型、光二聚型和光分解型等；根据感光基团的种类可分为重氮型、叠氮型、肉桂酸酯型和丙烯酸酯型；根据受光后物性的变化可分为光致不溶化型、光致溶化型、光降解型、光导电型和光致变色型等；根据图象转移情况可分为阳图-阳图型、阴图-阴图型；根据骨架聚合物可分为聚乙烯醇型、聚酯型、尼龙型、丙烯酸酯型、环氧型、聚氨基甲酸酯型等；根据聚合物的形态或组成可分为感光性化合物和聚合物的混合型（又可分重铬酸胶、重氮或叠氮化合物、其它感光性化合物的混合型）、带感光基团的聚合物型（又可分为聚乙烯醇肉桂酸酯类、带重氮和叠氮基类、光降解型类和其它带感光基的高分子）、光聚合型（又分为单独光聚合类、光聚合性单体高与分子化合物混合类）等。这些非银盐感光材料，具有不使用贵重的金属银、不需进行暗室操作、不需进行湿法显影和定影、加工速度快、可以多次重复使用、分辨力高等优点，并可减少环境污染。但是，这些材料的感光度都很低，形成图文的中间调较差。

一、重铬酸胶

重铬酸盐和某些天然聚合物的混合物一直是用于制版的唯一

的感光涂层，虽然这几十年对大量不同的天然聚合物成功地进行了试验，最通用的天然聚合物还是阿拉伯树胶、明胶、鱼胶和蛋白，这些聚合物在水中都呈胶质分散，因此都属胶体的范畴。

阿拉伯树胶的性质请参见第三章“聚合物”一节。在平凹版制版中就采用了用重铬酸铵敏化的阿拉伯树胶。

在制作印版和制作凹印印版滚筒时，在蛋白质明胶中加入重铬酸钾使其敏化。在一般制版过程中，将重铬酸胶体悬浮液直接涂布在金属上，干燥后曝光，显影，但与凹印制作印版滚筒的方法略有不同。将称为碳素纸的一种涂布有着色明胶的薄纸浸入稀释了的重铬酸钾溶液进行敏化，然后面对面地贴附到玻璃板上，干燥后，通过网屏和阳图片进行曝光，再反转到铜版前显影。

鱼胶是从鱼皮和鱼骨提炼出的明胶中分级选出的。鱼胶和明胶的不同之处在于它不形成凝胶体，成品是混有重铬酸铵的浓稠的胶状溶液，加水稀释就可以进行涂布了。重铬酸鱼胶广泛用于凸版网线图版的制作，但现在基本上被聚乙烯醇所代替。

聚乙烯醇是一种水溶性的热塑性树脂，外观为白色或微带黄色的絮状或粉状物质。涂层的曝光区域在腐蚀印版之前需要烤版以形成有效的抗酸层，聚乙烯醇烤版的温度比鱼胶要低。聚乙烯醇的另一个优点是化学组成和性质比较稳定，它不象鱼胶一类天然材料那样，无法保证批量之间的质量统一。

禽蛋蛋白是用于制版的另一种合适的蛋白质。在蛋白平版的制作中，多采用鸡蛋白，这是因为鸡蛋白的颗粒比其它蛋类细，而且浓度、粘度也比其它蛋类高的缘故。蛋白的分子很大，但是由于其分子结构简单，并有许多亲水的基团，如羟基（-OH）、氨基（$-NH_2$）、羧基（-COOH）等，使其易溶于水中。它在水中的胶质悬浮液可被重铬酸铵敏化，而形成凸版线条版或平印印版表面用的感光涂层。制版用的蛋白，常制成干燥的蛋白块或蛋白粉来保存，保存时最好放置在干燥和没有光线照射的地方。蛋白液有容易繁殖变质，气温越高越容易变质，已变质的蛋白就不能再用于制版了。

敏化这些天然的或人工合成的聚合物的盐类，可以是重铬酸钾也可以是重铬酸铵，它们都是橙红色晶粒，可溶于冷水，重铬酸铵的溶解度比重铬酸钾要高，而且重铬酸铵在胶层曝光后，易分解出氨气，使反应得以持续下去，所以它的感光性能比较好，在显影时铵离子的产生也使未受光的胶层在水中膨胀溶解的速度加快。但在凹印制版中敏化明胶用得较多的是重铬酸钾，它可使碳素纸胶层晒出层次柔和的图象。另外，用重铬酸钾制成的感光版保存时间较长。

当重铬酸胶曝光后，化学性质发生变化，聚合物被氧化而重铬酸被还原，重铬酸离子中的六价铬被还原成三价铬（Cr^{3+}），它在胶体中起联接键的作用，通过这种交联，形成网状的非常大的聚合物，韧性比原有的胶体分子要强、溶解度更小，也更硬。

聚乙烯醇制作的感光版的感光原理略有些不同。重铬酸盐遇光分解出氧原子，把聚乙烯醇中的一部分羟基氧化成羰基，而六价铬还原成三价铬，使聚合物产生交联作用而形成不溶于水的巨大的网状结构。

影响重铬酸胶硬化速度的因素很多，包括入射光的数量、光源的光谱特性、温度和相对湿度、重铬酸盐与胶的比例、pH值以及涂层的厚度。生产中，这些变化都应该控制在允许的范围内，这一点很重要。

重铬酸胶感光材料感受紫外线、紫光和蓝光，感光区间虽然相当宽，但它对光谱的敏感性在整个可见光区间并不均匀，在晒版中我们只采用波长为350～490 nm的狭小区间。选用的光源以波长在360 nm附近有较高强度的为好，一般选用炭精灯或氙灯。

温度和相对湿度对光硬化的反应有很大的影响。在温度高、相对湿度大的场合下，重铬酸胶硬化的速度也大大加快。在温度较高时，胶层即使不曝光也会逐渐起反应，产生自身硬化的现象。

重铬酸盐与成膜剂胶质的配比也影响重铬酸胶的硬化速度。

一般情况下，重铬酸盐用量大，膜层交联程度比较大，抵抗酸的侵蚀能力也较大，但也加深了感光层的颜色，在曝光时表面会吸收一部分光线而产生表面硬化过度、内部硬化不足的现象。过量的重铬酸盐会从干燥的感光层表面以晶体的形态析出，阻碍膜层的感光作用。因此，一般将重铬酸盐和胶质的比例控制在1.2～3.3之间，要求硬化胶层作为印刷图文基础的，或要求胶层抵抗酸腐蚀能力较强的，可适当地加大重铬酸盐的比例。

感光液的酸碱度也是影响因素之一，感光液的酸度越大，感光速度越快。

感光层厚薄不同，感光速度也不同，感光层薄的感光速度快，感光层厚的就需要延长曝光时间。

象明胶和阿拉伯胶等一类天然聚合物用重铬酸盐敏化的方法不仅在早期照相复印术中得到广泛的应用，至今也仍为重要的手段，可是这些材料有许多严重的缺陷：与一般照相标准相比，感光度较低，通常需在紫外线或可见光的短波部分进行长时间的曝光，还要进行额外的烤版工序才能使涂层硬化，产生有效的抗蚀层；由于重铬酸盐是强氧化剂，即使在暗处也能使成膜剂胶质发生氧化，同时铬离子还原成三价铬，使部分胶质分子发生交联而部分硬化，这种反应称为暗反应，因此重铬酸胶涂层混合溶液不能在使用之前长期保留，只能现用现配；重铬酸盐易侵蚀皮肤而危及健康，而且所用的天然材料都难于控制质量一致。为了克服这些缺陷，人们进行了大量的研究，试图寻找另外的物质去取代重铬酸胶在制版上的地位，重氮化合物和感光树脂就是研究出的代用品。

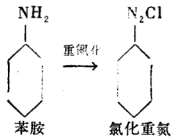
二、重氮化合物

重氮化合物是一族含有两个联接的氮原子（$-N_2-$）的化合物，它们是由称为胺的、含有$-NH_2$的化合物制备的。当这些胺与亚硝酸（HNO_2）相遇时，在第二种酸（通常是HCl）的作用下，发生“重氮化”反应，生成含有$-N_2-$基团的重氮化合物。如果

我们用 RNH_2 代表胺，那么重氮反应可用下面这个通式来概括：

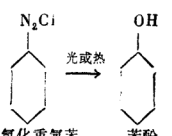
$$RNH_2 + HNO_2 + HCl \longrightarrow RN_2Cl + 2H_2O$$

胺的一个代表性物质是苯胺（$C_6H_5NH_2$），它与可溶性苯（C_6H_6）的关系很密切，这两种化合物的碳原子都以六角形环状排列连接起来。当苯胺与亚硝酸和盐酸产生重氮反应时，$-NH_2$ 基团被 $-N_2Cl$ 取代而形成重氮化合物。



重氮化合物是一族非常活跃的物质，很不稳定。由于它遇热不稳定，因此通常让重氮反应在由冰冷却到将近 0 ℃的容器中来进行。它们在光的作用下也不稳定，而这个性质使它在制版业中获得应用。

光的作用使重氮基团（$-N_2-$）拆开而被羟基（$-OH$）、羰基（$-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$）或氨基（$-NH_2$）所替代。例如，从苯胺制得的重氮化合物（如氯化重氮苯）的重氮基团被羟基所替代而转变成苯酚。



由于重氮化合物的重氮基团被替代，其生成的化合物的性质与原来的重氮化合物是大不相同。从制版上的应用来说，性质上最重要的改变是生成化合物的溶解度通常要比重氮化合物低得多。

重氮化合物在曝光时，它的 $-N_2-$ 基团被 $-OH$ 基团所取

代，生成的化合物使与之结合的蛋白涂层硬化，溶解度降低。

后来认识到有些重氮化合物不仅使蛋白质和其它胶质硬化，而且能够影响重氮化合物本身，也就是说，当重氮化合物在光的作用下分解时，生成物足以成为平版上的图文区域，这与感光树脂的作用差不多。这种形式的重氮化合物主要用于阴图型预涂感光平版的涂布。

重氮化合物的分子都很大，但是由于有重氮基团（$-N_2-$），这些化合物都溶于水。光的作用使重氮化合物失去这些基团，从而破坏了化合物的溶解性。因此，曝光之后的化合物能有效地形成平版图象。例如图 4-2 就是这类重氮化合物在曝光之后结构发生改变的一个例子：

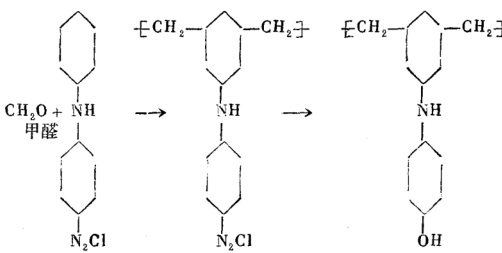


图4-2　重氮聚合物曝光后发生的反应

重氮化合物的另一重要性质是它们能够与某些其它化合物（连接剂）连接起来形成鲜艳的染料或颜料。这些偶氮染料或颜料形成一大族人造色料，用于纺织、塑料或印刷油墨，这在油墨一章已谈到。

三、感光树脂

聚合反应是大量小分子（单体）以长链的形式连接起来形成大分子（聚合物）的反应。印刷工业上所应用的聚合反应和聚合

物已在第四章中讨论过了。

在许多化学反应中，光可以起到引发的作用，使反应开始。例如，银盐感光材料在曝光后，软片上受光部位的银盐转化为黑色的银的细微颗粒，这个反应是从照相的短暂曝光开始的，而少量的银原子在显影加工之后增加了约十亿倍。同样，某些单体的聚合反应也可在光的触发作用下开始，一旦反应开始，就发生连锁反应，单体分子不断连接起来，直到聚合反应完成为止。由光的作用引起的聚合反应称为光聚合。图 4-3 为单一丙烯酰胺单体的结构在紫外线或可见光的短波部分曝光后，聚合形成聚丙烯酰胺塑料。

了解光聚合的原理对制版很有用。涂布的重铬酸胶和其它感

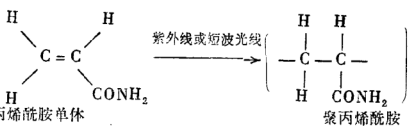


图4-3　单体的光聚合

光材料相比，其本身感光性能很差，只因为有光聚合的现象，晒版时才能采用短暂曝光，这是因为一旦少量的光能使光聚合反应开始，那么反应过程就在自己推动下继续进行。这一过程还有一个优点是在非曝光区域和曝光聚合的区域的溶解度大不相同，这使显影过程大为简化。

可是实际上在制版过程中使用光聚合仍存在一些问题。由于物质的性质所决定，有机物的单体一般都是小分子，呈气态或液态，物质单体的这两种状态给制作塑料印版带来操作上的不便，而且气体在晒版前无法进行涂布。解决这个问题的办法是将液状单体加到第二种聚合物材料中去，在曝光时，单体不仅自己连接起来，而且也把周围的聚合物连接起来了，以此来改变混合物的溶解度。这里，单体既是触发剂又是加快光聚合反应过程的催化剂。

美国杜邦公司的 Dycril 感光树脂就是应用了这一个原理，它将丙烯酰胺单体与醋酸纤维碱溶液混合，在曝光后，受光区域聚合的树脂不再溶于用在印版显影的碱液（稀释的氢氧化钠溶液）。在联邦德国 BASF 公司的 Nyloprint 感光树脂版中，感光单体包围的聚合物是尼龙的醇溶液，曝光后版上受光聚合的区域就不再溶于用于显影的酒精或水中。

光聚合原理也适用于在照相凹版和平版制版中使用的另一类材料，这一类材料是长链的聚合物，其分子能够在光的作用下连接起来，形成三维的分子网。原来的聚合物是不溶于水的，但是，它和大多数热塑性长链聚合物一样，可溶于某些普通的有机溶剂。曝光后，在长链间形成交联键，生成的聚合物除了用于除漆的溶剂之外，一般不再溶解于普通溶剂。

聚乙烯醇肉桂酸酯就是这样一种聚合物，其结构与聚氯乙烯相似，但在聚氯乙烯的氯原子的地方，聚乙烯醇肉桂酸酯是含有未饱和区域的支链（图4-4）。曝光时，相邻两个碳原子的双键

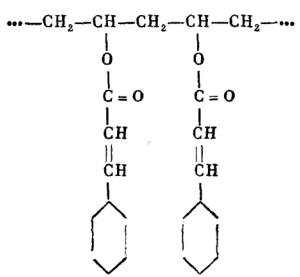


图4-4　聚乙烯醇肉桂酸酯

打开，在长链聚合物之间形成交联键（图4-5*b*）。类似聚乙烯醇肉桂酸酯的聚合物单独使用时感光性较低，但是加进各种有机物质之后，它的涂层可比普通的重铬酸胶涂层的感光性高几倍。

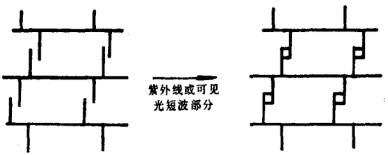


图4-5　聚乙烯醇肉桂酸酯的交联

a-聚乙烯醇肉桂酸酯长链分子的一部分　b-在肉桂酸酯交链间形成交联键

柯达公司的感光耐蚀膜采用的就是这一类材料，用这类材料制成的镂花模版对通常使用的溶剂有很高的抗溶性，其电镀、电解蚀刻方面的性能也很好。这一类感光树脂也用于感光树脂阴图型平版。曝光时，版上图文区域产生交联键，形成硬而光滑的表面。显影时用溶剂将原来的长链聚合物从非图文区域中除去。

第三节　印刷用感光片的结构及性能

一、感光片的结构及物理特性

一般地说，感光片都是在支持体上仔细涂敷上几层极薄的材料而制成的（图4-6），最基本的涂层有乳剂层、底层、片基和防光晕层。

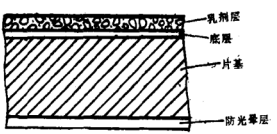


图4-6　感光片结构示意图

1.片基：由于感光材料的乳剂层薄而脆，极易受机械性损伤，在显影处理中，乳剂层吸水膨胀，极易断裂，因此必须将乳剂层依附在具有一定透明度、平整度和机械强度的支持体上，以弥补乳剂层本身机械强度的不足。感光材料的支持体有许多种，按其使用的材料可分为三类：透明片基、玻璃板和纸基。

多数制版用感光片的片基是高度透明、尺寸稳定性好、经过

改进的安全型片基，尺寸最稳定的感光软片片基要数涤纶片基，在这之前采用的是伸缩量较大的醋酸纤维素片基。

玻璃板一般作为感光干片的支持体，一般选择表面平整度高、无小气泡的玻璃板。用玻璃板做支持体的感光片虽有不卷曲、几何尺寸稳定等优点，但是用它制成的底片重而脆，不易保存。由于软片片基的材料日趋完善，玻璃板片基也就渐渐地被取代了。

第三类支持体是纸基，纸基是涂有白色硫酸钡的钡地纸，这种钡地纸吸水性小，坚牢度高，一般用于制作照相纸、放大纸、在照相排字机上用于图文版的制作。

感光材料对片基的基本要求是片基的厚度、透明度、机械性能、几何尺寸稳定性和化学稳定性等几个方面的性能，现分别加以介绍：

①厚度：片基的厚度直接关系到片基的透光率、折光率、机械强度和耐折次数，印刷胶片的片基与其它各类感光胶片的片基相比是比较薄的。醋酸纤维素片基的厚度在0.09～0.135mm之间，涤纶片基的厚度为0.1mm左右，玻璃板的厚度根据板的大小在1.5～5mm之间。

②透明度：片基的透明度当然是越高越好，因为透明度高就可以透射过尽可能多的光，以保证影象的清晰度。透明度用透光率来表示，透光率为透射光与投射光的比（用百分数表示）。醋酸纤维素片基的透光率为91%，涤纶片基为87～90%。

③耐光性：耐光性指片基在长时间光照下变色的程度。醋酸纤维素片基和涤纶片基的耐光性较好，而聚酯片基经过长期使用和存放以后将呈微黄色。

④机械性能：片基的机械性能用抗张强度、断裂延伸率、弹性模数、冲击强度和耐折次数等技术指标来表示。抗张强度指片基在外力作用下发生断裂时所能承受的最大拉力，单位为N/mm²。断裂延伸率指片基被拉断时所产生的纵向伸长与拉伸前的比值。冲击强度指单位面积的片基被单位重量的自由落体降落冲

断时所需的高度，单位 kgf·cm/cm²。弹性模数指片基承受的拉伸应力与平行于拉伸方向产生的应力变化的比值，单位为 dyne/cm²。耐折次数指用一定的拉力来回折叠至一定的角度，直至片基断裂时的折叠次数。表4-3是醋酸纤维素酯和涤纶片基机械性能的比较。

表4-3　　两种片基的机械性能的比较

机　械　性　能	醋酸纤维素片基	涤纶片基
抗张强度（N/mm²）	13.2	20.0
断裂延伸率（%）	30	140
弹性模数（dyne/cm²）	4×10^{10}	3×10^{10}
冲击强度（kgf·cm/cm²）	30	290
耐折次数(次，片基厚度为0.145mm)	36	15000

⑤几何尺寸稳定性：几何尺寸稳定性对制版用感光材料来说显得特别重要，如果片基在制版前后有不同程度的膨胀、收缩和变形，就会使制出的版在印刷后套影不准而影响到图文的质量。

感光软片的尺寸稳定性取决于多种因素，不仅受片基的化学组成及显影加工处理的影响，而且也受感光片在曝光前后的贮存条件和贮存形式的影响。任何感光片的尺寸都要改变，这种改变可分为两类：一种是暂时的，称为可逆形变；另一种是永久的，又称不可逆形变。而对用于印刷的感光片来说，暂时形变尤为重要。

可逆形变的原因有以下几点：ⓐ片基含水量的改变，这取决于感光片所接触的空气相对湿度的大小。ⓑ温度的改变，由于空气湿度引起的软片膨胀通常比温度引起的膨胀要严重得多，因为多数销售部门和车间的相对湿度的变化比温度变化要厉害得多，

因此由湿度引起的形变是主要的问题。对要求采用尺寸稳定的软片的场合，通常采用涤纶片基的感光材料，因它受大气湿度的影响较小，如果还需要尺寸更稳定的场合，就必须使用玻璃板基的感光片了。

不可逆形变是由于片基中的溶剂和增塑剂挥发、感光乳剂层收缩引起的塑性流动以及机械拉伸后引起的塑变等原因引起的。当然还有其它的原因。软片在曝光前存贮期间产生的不可逆形变并不严重，也不太重要，因为在这段时间里软片上是没有图文的，感光软片在显影加工的过程中泡胀，干燥后又收缩，如果显影前后的相对湿度保持平衡的话，通常可以发现软片有微小的收缩，这种收缩称为“显影收缩”。

几何稳定性可以用下面几个指标来衡量：吸湿膨胀系数，指片基吸湿前后膨胀的比值，单位为cm/cm；热膨胀系数，指片基在不同温度下膨胀的比值，单位为$\frac{cm}{cm \cdot ℃}$；吸水量，指软片浸水后的吸水量，用百分比表示；热变形温度，指片基不变形所能承受的最高温度；抗寒性，使片基在低温下受冲击产生一定大小的韧性变化的温度值。表4-4为醋酸纤维素片基、涤纶片基几何尺寸稳定性的比较：

表4-4　　两种片基的尺寸稳定性的比较

几何尺寸稳定性指标	醋酸纤维素片基	涤纶片基
吸湿膨胀系数（cm/cm）	30×10^{-6}	0.18×10^{-6}
热膨胀系数（$\frac{cm}{cm \cdot ℃}$）	$10\sim15\times10^{-6}$	2.7×10^{-6}
吸水量（%）	6	<0.5
热变形温度（℃）	150	150
抗寒性（℃）	$-30\sim-40$	-80

为了保证感光软片的尺寸稳定，印刷用软片在贮运期间最好保持在相对湿度约为40%的空气中。由于贮存条件不同，未曝光的软片的含水量总是有一定的改变，并且胶片也无法与车间的大气条件保持平衡，因此，在对尺寸稳定性要求高的印件曝光前，最好将软片在暗室里悬挂约一小时，使空气和缓地对流，使之与车间的空气湿度相适应。如果软片显影加工后仍在同一大气条件下干燥，由湿度引起的尺寸改变都可忽略。只要显影后不长期放置在高湿度（>60%）的环境里，软片一般还是能保持原有的尺寸的。

对彩色胶片，通常允许有适度的收缩，所有彩色分色层都有相同数量的收缩。每一张胶片在打开包装之后应处于相同的环境下，最好使车间里的大气条件与贮藏室相同，如果不同，最好能在曝光前使每张软片都能与室内空气相适应。车间和实验室最好能有良好的空调条件，最适宜的条件是室内温度保持在21～24℃，相对湿度保持在40～50%。

⑥导电性：片基材料都是电的不良导体，摩擦时极易产生静电，带静电荷的片基象静电吸尘器一样，使胶片表面吸尘污染，放电时，能使乳剂层曝光黑化，这种黑斑形如闪电，只有在显影之后才能发现，因而给制版工作带来危害。

片基产生电荷是由片基本身的物理化学性能决定的，片基的导电性用体积电阻或表面电阻表示，该电阻越小导电性越好，片基的静电效应越少。普通胶片可在底层、防光晕层和保护膜中加入防静电剂，以增强片基或胶片表面的导电度，使产生的静电在极短时间内散逸，经过防静电处理的普通胶片要求电阻降到10^{10}Ω·cm以下，而醋酸纤维素片基的电阻为10^{14}Ω·cm，涤纶片基为10^{17}Ω·cm。

⑦化学稳定性：感光材料在制造和显影加工中需要与多种化学物质接触，因此要求片基必须具备一定的化学稳定性，片基材料一般对无机酸、碱和氧化剂具有较高的稳定性，但在其它溶剂中有不同的溶解度。

2.防光晕层：透射过感光乳剂的光线会从片基的底部反射回来，再一次照射到感光乳剂上，引起光晕现象。这在阴图中相应于原稿中亮调的部分受影响特别显著，克服这种现象的有效办法是在印刷用软片片基的背面涂敷一层吸收光的材料，使这层材料尽量吸收透过乳剂层和片基的散射光和直射光，以防止这些光反射和折射，引起分辨率降低。这层防光晕层的基本成分是吸光物质和粘合剂，它既能吸收一定光谱范围的光线，又能在显影液中迅速溶解，而对乳剂层的感光性能不产生有害影响。现在采用的吸光物质有胶体银、防光晕染料和炭黑三种。

胶体银防光晕层是将极纤细的胶体金属银颗粒分散在明胶中涂布在片基背后形成的。它可吸收全部可见光，效果比较好，但防光晕层必须经过漂白定影过程才能除去，这种防光晕层多涂布在反转片片基上

以染料为吸光物质的防光晕效果随染料的色泽加深而增加。染料颜色一般为乳剂层感色性能最灵敏的色光的补色和乳剂层感色不灵敏的颜色，分色片能吸收绿色光，它的防光晕层多为红色；而全色片能吸收橙红色，其防光晕层多为绿色或蓝灰色。当然，防光晕层所用的染料最理想的颜色是黑色，炭黑防光晕层不仅能吸收可见光、紫外线和红外线，而且炭黑粒子还具有良好的导电性能，已为越来越多的片种所采用。

防光晕层不仅可防止光晕现象的产生，而且涂了防光晕层之后，还能使片基的两面胶层伸缩一致。达到防止乳剂层因温度或湿度变化而胀缩引起软片卷曲。有的还有防静电的作用，其间含导电物质。吸收光的材料及背面涂层在漂白定影之后就被溶解掉了。

3.乳剂层：乳剂层是感光材料的感光层，它决定感光材料的性能，一般由卤化银与明胶混合而成。乳剂层的厚度根据不同用途而不同，有的只有 4 ～ 5 μm，而有的可达 600 μm（X 光感光材料）。制版用感光材料的乳剂层厚度不大，如黑白负片材料乳剂层厚度约为 10～20μm，黑白正片材料约为 8 ～15μm，相纸为

6～12μm。

乳剂层的感光物质成分也不同，负片感光材料为溴化银和碘化银的混合物，正片材料为溴化银、溴化银与碘化银混合物，溴化银和氯化银混合物，或者氯化银。彩色感光材料中还含有增感染料以增加乳剂的感色性。

乳剂层的特性决定着感光材料的照相性能。它由乳剂的组成和制备工艺所决定，而且与乳剂层的厚度、卤化银晶体颗粒的大小、颗粒尺寸分布、平均颗粒尺寸、颗粒在乳剂层中的"层数"、晶体颗粒在乳剂中分散的程度，银在每单位面积上的耗用量有关（参见"感光乳剂"）。

4.**底层**：由于片基表面是疏水的，为使其与亲水的乳剂层很好地粘接在一起，在乳剂层与片基之间涂有底层。底层有两种类型，一种是以明胶分散在有机溶剂中涂布在片基表面的胶底层，厚度约为1μm左右；另一种是高分子树脂底层，主要是些溶在有机溶剂或水中的苯丁树脂、醋丁树脂或其它二元或三元的共聚物，涂底层是为了使乳剂层能牢固地粘附在片基上，防止乳剂层在涂布乳剂和显影时从片基上脱落。相纸的底层还能防止乳剂渗透到纸基上，这种渗透会影响影象清晰度。为增加相纸的白度，底层中常加有硫酸钡。

5.**保护膜**　感光材料在装片或显影时需与外界物体接触，容易产生伤痕和摩擦灰雾，所以在制造时，往往在乳剂膜上涂一层韧性的胶质保护膜（明胶或聚乙烯醇，防止摩擦给乳剂层带来伤痕。

二、感光性能

感光片的感光性能决定了我们在曝光、显影之后获得的图象的形式。预定的目的对图文形式有一定的要求，我们就能根据这些要求选择合适的感光材料来进行制版。制版时要求感光速度、反差、感色性等性能使材料的选择范围缩至很小的限度。选择感光底片首先必须考虑所需的感色性，在多数情况下，选择材料首

先看它用于黑白原稿复制，还是用于彩色原稿的复制，用于黑白原稿复制的只需感受可见光的少数几个颜色即可，而复制彩色原稿则需感受所有的可见光。

1.**感色性**：所有的感光乳剂都能感受蓝、紫光和不可见的紫外线。而在许多场合下，如果仅有这样的感色性就不够了，用于彩色照相制版的感光乳剂必须记录下比人眼能感受的绿、黄、橙、红等颜色还要宽的光谱。在制作感光片时，必须加进能使乳剂感受这些颜色的染料。这类染料称为增感染料，主要是菁染料。乳剂中加入染料后，染料分子被乳剂中的卤化银颗粒所吸附，使卤化银颗粒可以吸收更多的光能，其感色性与染料本身的特性、浓度及吸附状态等因素有关。

感色性指感光材料对不同色光的敏感程度。各种感光片的感色性可由“色谱梯尺”来说明，它是从原始色谱图制成的阳图版，如图4-7所示，图中曲线相应的高度表示感光片对各种颜色的相对灵敏度。如果我们在背景上印上实际的颜色，图谱就更容易识别。我们可以观察相对每一色光的高度，在图4-7中，为了帮助识别只用黑白的图来表明的软片感色性，图中标注出光谱的

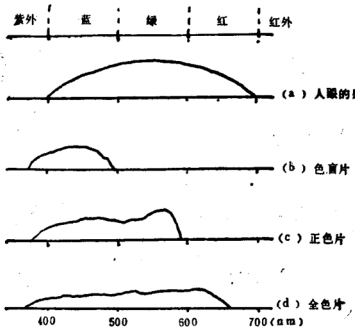


图4-7 感色性曲线图

几个区域。用于制作光谱图的透镜系统不透过紫外线，由于这个原因，所有的光谱图在紫外线区域里都显得灵敏度很低。尽管这容易使人误解，但是由于这部分紫外线不能透过制版透镜，在一般的制版照相中也可以被忽视。图4-7所示为三种感光材料与人眼感色性的比较，人眼的感色性如果也能象这三种感光材料那样制出感色性曲线的话，那大致与图4-4(a)略同。

感色性曲线取决于曝光时所用光源的光谱特性，例如，用没有蓝光成分的光源制作感色性曲线，即使感光材料是感蓝光的，制出的曲线在蓝光区域也看不出任何感受的痕迹来。因此，感色性曲线表示的是特定的感光材料对特定光源的响应，制作感色性曲线采用的光源也包含全部或大部分色光，在照相制版行业通常采用氙灯，也可采用钨丝灯作为光源。感色性曲线所给出的只是相对感色度而已，并没有给出感光速度的数值来。

按感色性的不同，我们将软片分为四大类：色盲片、正色片和全色片，还有红外片。

色盲片在与原稿上蓝色部分相应区域里记录下的阴图密度值比较高，制出的底片中，蓝色部分很亮，而红、黄、绿色部分却很暗，这种感色性是卤化银乳剂所固有的。色盲片很适于拷贝黑白照相原稿这样的单色印件。

正色片不感受红光，因此复制后红色部分显得很暗，由于它感受的色光范围较广，这类材料感光速度比色盲片快。

全色片不仅能感受所有可见光，还能感受紫外线，这类感光材料的感色范围与人眼相似，适于复制彩色印件。

感光材料对不同色光有不同的响应，在暗室操作时，为了使工人操作时能看清物品又不使感光材料感光而报废，暗室里的灯光的光谱特性应是感光材料最不敏感的色光，又能产生足够高的照明水平，使工人有舒适的观视条件，这种光源称为安全灯。对正色型感光材料，它仅感受蓝光和绿光，暗室里的光源可用柯达雷登1A安全灯滤色片（浅红色）隔起来，就不会使感光材料感受光线而产生灰雾。这里要注意，安全灯不能采用红灯泡，因为

多数红灯泡会发出一部分绿光，这部分绿光会使正色片感光。

对所有色光都感光的全色型感光材料，在可能的条件下，最好在完全黑暗的环境里操作，也可选用眼睛感受力最强的颜色的安全灯。对某些全色型感光材料，在产品说明书上允许的场合下，可以采用柯达雷登3号安全灯滤色片（深绿色）。

任何感光材料在安全灯照明条件下放置的时间太长的话，都会产生灰雾，这倒不是因为安全灯发出的光不符合要求而引起的，即使是色盲型感光材料也能稍微感受绿、黄和红光，这种感光性不能用于照相，但在安全灯下曝光的时间过长，软片还是会产生灰雾的，因此安全灯也只在很有限的时间里是安全的。制作出的底片的亮部区域不产生灰雾并不能证明安全灯是安全的，因为对安全灯曝光过度给网点带来的影响并不那么容易被注意到，安全灯曝光在底片上浅调子的部位虽不足以产生灰雾，但是这部分曝光与网线版图文的曝光之和通常会显著增加网点的尺寸，并在网点间的区域产生灰雾，网点的正确层次也就受到破坏。为了说明安全灯并不安全，可以在全暗的条件下对一条感光材料曝光，使其产生约有25～30%的网点面积，然后将未显影的软片放于工作台上，用一些象钥匙或硬币等不透明材料挡去软片的一部分，用安全灯对软片进行长时间曝光（如15分钟），然后将软片显影，在未遮挡区域中扩大的网点样品显示出安全灯实际上是不安全的。

2.密度：密度，这里指的是光学密度，它是对感光材料经曝光，显影加工后，感光片上产生的黑色影象吸收入射光能力的一个量度。感光乳剂中的卤化银颗粒经曝光和显影加工处理后还原成黑色的银粒，这些银粒必定阻止一部分入射光通过，还原的银粒越多，阻挡的光线越多，密度实际上是对还原的银粒数量的量度。

假设照射在感光片上的光通量为F_0。透过感光片的光通量为F，它们的比值称为阻光率（也称不透明度）：

$$\text{阻光率 } Q = \frac{\text{入射光通量 } F_0}{\text{透射光通量 } F}.$$

阻光率的倒数称为感光材料的透光率，因此

$$\text{透光率 } T = \frac{1}{Q} = \frac{F}{F_0},$$

计算出的阻光率的数值常常可大至上千上万，为了应用的方便，取阻光率的对数值为光学密度值，简称为密度，用“D”来表示：

$$\text{密度 } D = \lg Q = \lg\frac{1}{T} = \lg\frac{F_0}{F} = \lg F_0 - \lg F,$$

由这个定义可知，密度值越小，感光片的画面上越透明；密度越大，感光片就越不透明。

感光片上的密度必须适当才能正确地记录被摄原稿，密度过大或过小都会使影象失真。感光片上密度的大小与材料本身的性质、曝光量的大小以及显影加工条件等有关。曝光不足的感光片，其密度值比正确曝光的要低，曝光过度的感光片，其密度值比正确曝光的要高。各种感光材料都有它自己的最大密度值，即使增加曝光量和显影时间，其密度值增大到这种材料的最大密度值之后就再不会继续增高了。感光材料的最大密度值，用“D_{max}”来表示。

3.灰雾：感光材料未经曝光的部分在显影加工后也会有少量银被还原出来，这些银粒形成一定的密度，称为灰雾，用“D_0”表示。

灰雾产生的原因主要是由于卤化银不稳定而引起的，如果贮藏不当，保存时间过长或显影加工不适当时，都会导致灰雾的增加，使影象的反差降低，因此，灰雾密度必须控制在最低限度。照相制版中，一般要求各种阴图版的灰雾密度值$D_0 \leqslant 0.06$，分色阴图片可允许有一定的灰雾密度，但也不得超过0.3，如果感光片的灰雾密度超过一定的限度后，这种感光材料就不能用了。

4.感光特性曲线：感光特性曲线是表示感光片在一定的曝光量和显影加工条件下使用时获得的效果的一条曲线或直线，实际上，它表示在拍摄实物原稿或图片原稿时，相应每一色调的曝光

量能记录下多少密度值的关系。它概括了感光材料的一些基本照相性能，它的形状决定了感光片获得的图象形式。只要知道了某种感光材料的特性曲线，就能知道这种材料是否适合手头要做的活件。检查曲线的形状，当然要比对所有可买到的感光材料作实验性曝光要容易得多，经济得多。

比较感光材料的感光性能的方法之一是将各种感光片对同一张原稿图片进行拍摄，然后比较其上各种色调的效果，我们可以选择一幅有各种深浅不同色调的图片，从中选出一系列色调来加以比较。但是这样选择出的一系列深浅不同的色调其密度的变化没有什么规律，因而给分析带来一定的困难。因此选用一幅以不同密度值按深浅不同排列起来的密度梯级系列图，使级与级之间单位面积反射（或透射）光通量成几何级数增加（即在感光材料对这张原稿拍摄时，原稿给予感光片的曝光量对数值之差为一定值），用这张原稿对感光材料的感光特性进行测定，就方便得多了。这张原稿就称为标准级谱，我们习惯上也称其为密度梯尺。

用分色阴图片去拍摄我们作为原稿用的这张密度梯尺，按一定条件对其显影加工后，我们得到的阴图很象颠倒过来的原稿，感光材料将原稿的每一级都按不同的密度值记录下来了。用光学密度计测量阴图上各级密度值，标注在以曝光量对数为横轴、感光片获得的密度为纵轴的坐标系中，然后画条线将这些点光滑地连接起来，这样就得到一条感光特性曲线，如图4-8所示。

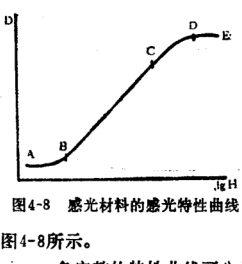


图4-8　感光材料的感光特性曲线

一条完整的特性曲线可分为灰雾部分趾部、直线部分、肩部及反转部分。

①灰雾部分：指感光特性曲线中A点左边的部分。在这一部

分虽然受光量大小不同，但是感光片的密度基本上没有变化，原因是曝光量太小，对感光材料没有光化作用，感光材料上的密度是感光材料在制造和显影时产生的密度，与拍摄时的曝光并没有关系，它的密度就是灰雾密度D_0。

②趾部：指感光特性曲线上AB部分，这一段曲线差不多与横坐标平行，感光材料的密度值随曝光量增加而引起的变化是不成比例的，曝光量增加很多而密度增加很少。因此，趾部也称为曝光不足部分。原稿相应于这一部分的反差将受到很大压缩，而且这个压缩不成比例，它使影象的层次受到损失。过去一直认为这一部分不适宜采用，但是现在的观点认为采用这一部分有助于加大有效宽容度和充分利用感光材料的感光度，使用一部分趾部可使景物的阴影部分影调柔和，层次丰富。

③直线部分：指特性曲线上BC部分。在这一部分，密度的增加与曝光量对数值的增加成线性关系，在摄影时能正确地表现出被摄体的明暗关系，将被摄影象的明暗层次按比例地记录在底片上。因此，这一部分的曝光正确，为了真实地记录下原稿的层次，制版照相时最好充分利用直线部分。

④肩部：指特性曲线上CD部分。在这一部分，密度值随曝光量对数的增加而增加，但不成比例，曝光量增加很多，密度值却增加不多。这一部分又称曝光过度部分。采用这一部分拍摄影象，层次必定受到很大的损失。

⑤反转部分：指特性曲线上DE部分。在这一部分，随着曝光量对数增加，密度值反而下降。它是由于负感现象引起的。

不同的感光材料有不同的特性曲线。负性材料的感光特性曲线一般比较平坦，趾部、直线部分和肩部的区分比较明显，趾部相应的曝光量都比较小。正性材料的感光特性曲线比较陡，趾部很短，肩部与直线部分的区分不明显，由于感光度较低，整条曲线向右偏移。如图4-9所示。

同一种感光材料在不同条件下显影加工，所获得的感光特性曲线也各不相同，因此感光特性曲线不仅由感光材料本身性质来

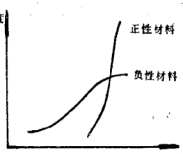


图4-9 负性材料与正性材料感光特性曲线的比较

决定，也受显影加工条件的影响。

5.感光度：各种感光材料需有不同的、但必须是相当确定的曝光量。只需要很少量曝光的感光片通称为“快”，相反的，那些需要大曝光量的称为“慢”。快和慢这一对词是相对的，并没有太大的意义。描写感光材料对光敏感程度的性能称为感光度，一般也叫做感光材料的感光速度。为达到一定密度所需的曝光量越少，则感光材料的感光度越高，这就是俗称的材料“快”；反之，所需曝光量越多，则感光材料的感光度越低。感光度和曝光量的关系可用下式表示：

$$S = \frac{k}{H},$$

式中：S——感光度；

H——在一定显影条件下达到一定密度所需的曝光量；

k——常数。

这个式子是计算感光度的总原则，由于对选择基准密度点（指特性曲线趾部的某一点，这一点相对的密度值恰好可以构成影象）的看法有所不同，出现了不同的感光度表示方法。有些感光度表示法中，由于不同片种的感光材料本身的特性以及使用情况的不同，在计算感光度时，需选用不同的密度点作为基准点，并选用不同的常数k。目前，国际上比较流行的有德国的工业标准制（DIN），美国采用的美国标准制（ASA）和威士顿（Weston）制，苏联采用的苏联国家标准制（ГОСТ）等。近年来，国际上对感光材料的感光度的表示方法，逐渐取得一致的意见，1980年国际标准化组织在美国标准制（ASA）和德国工业标准制（DIN）的基础上，统一成国际感光度（ISO制）。我国实行的是暂行感光度标准（GB）。现分别加以介绍。

①德国工业标准制(DIN)：音译成定制。是于1931年开始使用的感光度计算法，被测感光材料在规定的定制感光仪中曝光。采用特性曲线上比灰雾密度的密度高0.1的那一点为基准点，用下式进行计算：

$$S = 10 \cdot \lg \frac{0.36}{H_{D_0+0.1}},$$

感光度值表示时，须加分母10。如感光度为21定时，写成21/10° DIN。

1957年，对定制进行了修改，计算公式改为：

$$S = 10 \cdot \lg \frac{0.49}{H_{D_0+0.1}},$$

表示方法也加以简化，取消了分母10，如，21定写成21°DIN。

为了能在其它种类的感光仪上也能测定定制感光度，1961年将计算公式改成：

$$S = 10 \cdot \lg \frac{1}{H_{D_0+0.1}},$$

并取消了表示方法中的符号“°”，如21定写成21DIN。

②苏联国家标准感光度(ГОСТ)：音译成高斯特制，高斯特是ГОСТ的音译。其在计算电影底片和一般底片时，选择特性曲线上密度值等于灰雾密度值加上0.2的点（$D = D_0 + 0.2$）为基准密度点，这一点通常在趾部靠近直线部分。ГОСТ制的计算公式为：

$$S = \frac{1}{H_{(D_0+0.2)}},$$

这是1950年制订的标准，在1963年制定的标准中，黑白和彩色感光材料实验方法都统一按下式计算：

$$S = \frac{10}{H_{(D_0+0.85)}},$$

不过，至今印刷界对黑白感光材料还一直沿用1950年制订的标准。

③威士顿制（Weston）：这是美国威士顿曝光表制造厂制定的，所取的基准密度点是 $D_0+\gamma$，γ 为负片的反差系数。威士顿制的计算公式：

$$S=\frac{1}{H_{(D_0+\gamma)}}。$$

威士顿曝光表现已改成标注ASA制，因此威士顿制实际上已不使用。

④ASA制：这是美国标准协会制定的感光度的标准。它认为摄影的最终目的是得到正片（或照片）而不是底片，从一系列的试验结果证明，能得到最佳正片（或照片）的底片的最低有效密度总是在特性曲线趾部的某一点上，而这一点并不固定，其求法如图4-10所示。在特性曲线上取曝光量对数范围为1.5*的两点 A 和 B，求出AB间的平均斜率$\overline{G}$，将此值乘0.3**即得最低有效效率 $0.3\cdot\overline{G}$。在曲线上，A点的斜率即为$0.3\overline{G}$，A 点便是所要寻找的基本密度点。A点的曝光量$H_{0.3\overline{G}}$的倒数称为ASA曝光指数。在实际使用时，为了使其数值接近威士顿制的感光度，将得到的数值除以 4，其计算公式为：

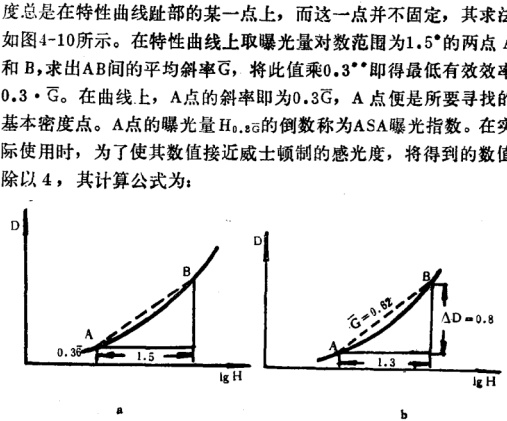


图4-10 ASA 制感光度求法

a-旧 ASA 制曝光指数的求法 b-新 ASA 制感光度的求法

* 旧 ASA 制选择一个典型的外景作为被摄体。该被摄体的亮度范围是 32∶1 时，其曝光量的对数范围为1.5。

** 通过一系列试验，$0.3\overline{G}$ 与 $\overline{G}$ 的比值都在 0.320～0.284 之间，因此选择 $0.3\overline{G}$ 较为准确。

$$S=\frac{1}{4H_{0.3\bar{G}}}.$$

由于AB两点不固定，实际应用时很不方便，美国标准学会于1960年公布了新ASA标准。新标准把原ASA曝光指数提高一倍，将曝光指数改称为感光度，其计算公式改为：

$$S=\frac{1}{2H_{0.3\bar{G}}}.$$

另外，由于原ASA制的基准密度点0.3$\bar{G}$与DIN制的基准密度点（$D_0+0.1$）的曝光量对数差接近于一常数，即DIN制基准密度点的曝光量比0.3$\bar{G}$点的曝光量大1.9倍，因此在计算感光度时乘以常数1.9，以保持原ASA制基准密度点不变，上式可写成：

$$S=\frac{1.9}{2H_{D_0+0.1}}=\frac{0.95}{H_{D_0+0.1}}.$$

由于感光仪的光源改成色温6500K（昼光的色温）的光源，比原来色温为5400K的光源感光效率高，故又把上式中的0.95修改成0.8，这样，新ASA制感光度计算公式为：

$$S=\frac{0.8}{H_{D_0+0.1}}.$$

因此，新ASA制的求法可用图4-8b来说明：AB两点间的曝光量对数的差定为1.3，平均斜率定为0.62。新ASA制比旧ASA制的数值大一倍。

由于新ASA制的感光度测定标准既考虑到最低密度，又考虑到斜率、宽容度，能较全面地反映出特性曲线所代表的各项性能，因而近年来已为国际上许多国家，如英国、比利时、法国、日本以及国际标准化组织（ISO）所采用。

⑤国际标准（ISO制）：国际标准感光度计算法由国际标准化组织公布，于1980年开始实行。ISO制采用了美国新ASA制的规定。表示方法如下：例如感光材料的感光度等于ASA100，相当于21DIN，则表示为ISO100/21。在“/”符号之前的是ASA制表示的数值，符号之后的是定制数值。

⑥我国暂行的感光度标准（GB）：我国于1961年制订的暂行标准（GB）是根据感光材料的不同用途和实际使用的情况，选取不同的基准密度值计算感光度，乘的常数也不同。1979年轻工业部颁布的印刷制版软片试行标准中，印刷制版胶片的感光度计算公式就采用了这个标准中黑白底片的计算公式，如下式所示：

$$S = 10 \cdot \lg \frac{1}{H_{D_0+0.1}},$$

式中：$H_{D_0+0.1}$——灰雾和片基密度加上0.1的密度值所对应的曝光量。

照相制版中使用的照相干版的感光度计算是以特性曲线上密度为灰雾加0.85的点为基准点，计算公式如下：

$$S = \frac{135}{H_{D_0+0.85}},$$

计算出的数值如为20，则表示成20°。

式中135是系数，这个系数是根据棉胶湿片定的，将棉胶湿片的感光度定为10°。如果照相干版的感光度大于10°，则比棉胶湿片快。

1981年3月，轻工部颁布了照相胶片感光度的新标准，这个标准的计算方法是以特性曲线上灰雾加片基密度加上0.1的密度值所对应的点为基准点。按下式表示：

$$S = 1 + 10 \cdot \lg \frac{0.8}{H_{D_0+0.1}},$$

计算出的值以“GB”表示；或用下式计算：

$$S = \frac{0.8}{H_{D_0+0.1}},$$

计算出的值以“ASA”表示。

注意，试验样片的显影程度必须得到控制：在图4-11上，以M点为基准点，N点与M点相对应的曝光量的对数值之差为1.3，N点与M点相对应的密度值之差为$\Delta D = 0.80 \pm 0.05$。

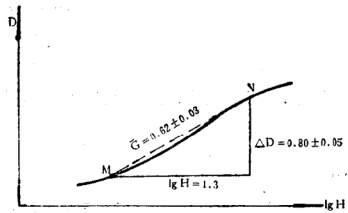


图4-11 感光度新标准的计算方法

例：某胶片感光特性曲线上M点的曝光量为 8×10^{-3}lx·s，则

$$S=1+10\cdot\lg\frac{0.8}{8\times10^{-3}}=21(GB)$$

或

$$S=\frac{0.8}{8\times10^{-3}}=100(ASA),$$

即该感光胶片的感光度为GB21，相当于ASA100。

这几种感光度计算方法之间没有精确的换算关系，而且绘制感光材料特性曲线和选择基准密度点时产生的误差对感光度的数值影响很大，得出的感光度数值出入很大。

6.反差和反差系数：“反差”指的是被摄物体的明暗差别，景物的明亮部分与阴暗部分的差别越大，则称该景物的反差越高。对感光材料来说，它指感光片形成的影象色调的差别。我们说阴图片看起来“平”或“软”，或者说看起来“崭”或“硬”时，我们指的就是反差。反差大的图象黑白分明，但缺乏中间调的层次；反差小的图象黑白层次接近，有模糊不清的感觉。我们还经常谈到图象中某一部分的反差，如暗部反差、中间调反差和高调反差等，我们说的是这一部分层次的明暗对比。在这里，应注意反差不应与“密度范围”相混淆，密度范围指的是一幅图片

或阴图的最大密度和最小密度值的差值。

感光材料能否正确反映原稿（包括实物原稿）的反差是感光材料的技术指标之一。由于受感光材料制造、使用和显影等条件的限制，感光材料一般不能将原稿的反差正确地表达出来，感光材料形成图象的反差和原稿的反差的比值称作反差系数，用 γ 表示：

$$\text{反差系数}\ (\gamma) = \frac{\text{图象反差}}{\text{原稿反差}}.$$

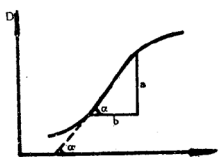


图4-12 反差系数的表示方法

反差系数也可在特性曲线上表现出来，如图4-12所示，我们在特性曲线的直线部分选取两点，这两点相应的曝光量对数值分别为$\lg H_2$和$\lg H_1$，由此产生的密度值分别为D_2和D_1，则可用下式来计算：

$$\text{反差系数}\ \gamma = \frac{D_2 - D_1}{\lg H_2 - \lg H_1} = \frac{\Delta D}{\Delta \lg H} = \operatorname{tg}\alpha,$$

式中α为特性曲线直线部分与横坐标轴的夹角，则反差系数即为感光材料特性曲线直线部分的斜率。

感光材料的反差系数与图象的反差成正比，即感光材料的反差系数越大，所得的影象的反差亦越高。用不同反差系数的感光材料拍摄同一原稿，可获得不同反差的影象。因此，正确选用感光材料，对所获得图象的层次有很大的影响。

对同一种感光材料来说，曝光、显影条件不同，感光片所得图象的反差也不同，一般说来，曝光时间短、显影时间长能使反差增大；而长时间曝光、短时间显影的图象反差减小。硬性片用软性显影液显影时，能使反差缩小；软性感光材料用硬性显影液显影时，能使反差增大。

①曝光对反差的影响：曝光不足的连续调阴图其密度值和反差都比正确曝光的要低，并缺少暗部细节。曝光过量的阴图的反

差比正确曝光的要低，但是密度值较高，缺乏高光部位的细节。

②显影对反差的影响：连续调材料反差随着显影时间的增加而增加，这能够很方便地加以控制，因而使得照相过程的操作具有很大的灵活性。反差随着连续调感光片在特定的显影液中显影时间的增加而增加，可从时间—γ曲线表达出来。时间—γ曲线如图4-13所示：从图中可以看到显影时间过长时，γ值反而要下降，因此靠增加显影时间来增加γ值是有一定限度的。

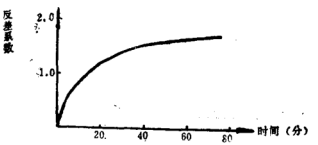


图4-13 描述反差系数随显影时间变化而变化的时间-γ曲线

当增加显影温度（以不出现灰雾为准）或显影时不断搅动显影液，促使显影加快，都会使时间—γ曲线变陡，即在原来显影时间内，反差会相应增大。高浓度和活性显影液显影比较迅速，图象的反差也比用较软的慢速显影液图象反差要高。新鲜显影液显影较快，在给定的显影时间里，图象的反差也比用部分废液显影而得的图象的反差要稍高一些。

7.反差指数：反差系数γ是感光材料的主要性能之一，它为照相技术走向数据化提供了依据。但是近年来逐步发现用反差系数γ来描述感光材料的性能还有其不足之处，如使用特性曲线的趾部特性来曝光时，必须考虑到趾部的长度，而反差系数并不能说明趾度的长度；又如现在的黑白胶片多采用双层涂布，这两层分别采用高感光度的和低感光度的乳剂，这种感光材料的感光特性曲线容易产生交叉、附带枝杈及失形。这样再用反差系数来描述就不够妥当；又由于某些特殊显影剂会使感光材料的特性曲线产生歪曲，用γ来确定显影程度和影象的调子也就欠妥当。为了克服这些局限性，现在已采用另一种指标来计量感光材料显影的程度，这就是反差指数，用字母C.I.来表示。

反差指数的概念与平均斜率的概念有些类似，平均斜率是特

性曲线上代表被摄体阴影部的终端（即最低密度）和代表高光部的终端（即最高密度），这两点的连线与横轴（曝光量对数值）的交角的正切值，由于画面中景物的亮度范围各不相同，最高密度点与最低密度点也各不相同，因此，反差小的画面，其平均斜率也小；反差大的画面，其平均斜率就大。因此，人们提出用固定影象照明范围的方法来确定平均斜率值，这样就形成了反差指数的概念。

反差指数与反差系数所不同之处在于反差指数受特性曲线趾部性能的影响，而反差系数只是特性曲线的直线部分的斜率。因此，对高反差感光材料来说，反差指数与反差系数值差不多；对低反差感光材料来说，反差系数与平均斜率近似。

对最高密度点和最低密度点的选择，柯达公司在做过大量试验之后，认为：连续调感光材料的最低密度应选取相应于片基灰雾密度加上0.1的密度值的这一点，最高密度选取以最低密度点为圆心，以$\lg E=2.0$(100:1）为半径所画的弧与特性曲线的交点，这两点连线的斜率即为这种感光材料的反差指数值。对线性影调的感光材料来说，其要求略严格些，它以片基加灰雾密度这一点为圆心，分别以$\lg E=0.2$和$\lg E=2.2$为半径画弧与特性曲线相交，这两个交点的连线的斜率就为该感光材料的反差指数，如图4-14所示。

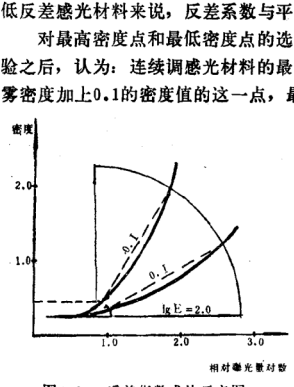


图4-14 反差指数求法示意图

反差指数与反差系数相比，其优越性在于能够保证显影方面控制的程度。两种感光材料都显影加工到相同的反差系数值时，尽管照明范围相同，影象的密度值可能不同。而两种感光材料都显影加工到具有相同的反差指数值时，照明范围相同的影象都具

有同样的密度值。

被摄体的亮度范围越高，反差指数就得相应降低，为了在显影时能把亮度范围控制在2.0，需对感光材料的感光度进行适当的调节，如减少显影时间，使感光材料显影成低的反差系数，这样，感光材料的实际有效感光度降低。同样，被摄体的亮度范围低的，可增加显影时间来提高反差指数，以控制$\lg E=2.0$的亮度范围，这样做的结果，实际上提高了感光材料的感光度。

8.宽容度：被摄原稿往往有很大的亮度范围，感光材料把被摄原稿的亮度按比例地记录下来的曝光量范围叫感光材料的宽容度，用“L”表示。我们已经知道感光材料特性曲线的直线部分是按比例记录下原稿的亮度范围的，因此，直线部分两端所对应的曝光量的对数值之差，就是该感光材料的宽容度（图4-15）。

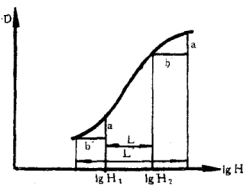


图4-15 宽容度L和有效宽容度L'

宽容度用公式来表示就是

$$L=\lg\frac{H_2}{H_1}=\lg H_2-\lg H_1.$$

为了考虑特性曲线的趾部和肩部，要求感光材料在曝光不足和曝光过度的情况下都具有一定的密度，因此提出“有效宽容度”的概念。由于一般认为$\gamma\geqslant 0.2$的弯曲部分已具备表达影象层次的能力，故有效宽容度为特性曲线趾部和肩部$\gamma\geqslant 0.2$的两端点曝光量对数值之差，可用下式来表示（参见图4-15）：

$$L'=L+b'+b''$$

根据感光材料特性和使用要求的不同，反差系数应大于等于0.2这个条件不是统一规定的，它可以有各种不同的规定，一般反差系数$\gamma\geqslant 0.2\sim 0.4$。

能够正确记录下亮度反差很大的原稿的感光材料的宽容度也

大。用宽容度小的感光材料记录明暗反差很大的原稿，就会出现亮部一片白，暗部一片黑的现象，因此不能正确记录下原稿很亮和很暗部分的层次。用宽容度大的感光材料拍摄反差比较小的原稿，即使曝光稍微不足或曝光稍微过度，仍然可以获得质量很好的影象。因此我们从拍摄的角度说，感光材料的宽容度越大越好。但宽容度增加，反差系数就要减少，在选用感光材料时要全盘考虑到原稿的性质对感光材料的要求。

宽容度是感光材料的固有特性，它的具体数值决定于乳剂特性、加工条件、曝光状况和反差系数值。

使用感光材料时，我们还常提到曝光宽容度的概念，它是这样定义的：

$$\text{曝光宽容度} = \frac{\text{感光材料的宽容度}}{\text{原稿亮度范围}},$$

如果曝光宽容度为1时，原稿亮度差与感光材料的宽容度相等，那么，只有在正确曝光的条件下，才能形成正确的影象；如果曝光宽容度小于1，那么无论怎样选择曝光量，均无法使影象按比例表达原稿的不同亮度；而曝光宽容度大于1时，可以在一定范围内调整曝光量获得正确的影象。

9.颗粒性和颗粒度：由于卤化银是以颗粒状的微晶体形式悬浮在乳剂中，而影象是由无数杂乱排列的、无规则的、其间有大小不同空隙的通过显影还原的银颗粒组成的，因此我们用显微镜或在放大照片上看到的颗粒，主观上产生的颗粒不均匀性的感觉称为颗粒性，而表示这种不均匀性的客观量度叫颗粒度。颗粒度不仅取决于颗粒直径的平均尺寸，而且还取决于颗粒的分布状态。这就是说，颗粒性和颗粒度是在主观和客观上表示乳剂中颗粒不均匀性的两个不同的概念。

颗粒性和颗粒度是感光胶片的主要技术指标之一。它对照相制版的效果也有一定的影响。颗粒大，在翻拍阳图版时如果放大倍率过大，会使阳图版影象阶调、轮廓分析不清。而颗粒小的感光片摄得的图象细腻、层次也丰富。

感光材料的颗粒度与感光乳剂中卤化银晶体的大小、曝光的正确与否、显影加工条件等有关。颗粒度的大小对感光材料的照相性能影响很大。例如：颗粒度大的感光材料的感光度高，颗粒度小的感光度低；颗粒均匀的，反差系数高、宽容度小，颗粒大小不一的，反差系数低，宽容度大；颗粒小的分辨率高，颗粒大的分辨率低。

10.分辨率和清晰度：感光材料的分辨率是感光材料对景物细部的辨别能力，用“R”来表示，单位为“线对/mm”，表示用特定的光学仪器测定出感光材料每毫米宽度内可辨别多少对黑白相间、宽度相等的线条。分辨率越大，说明感光材料对原稿细部的表达能力越好。制版用感光片的分辨率应大于100线对/mm。

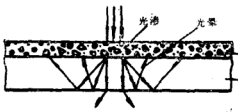
影响分辨率的因素很多，而乳剂的特性，特别是乳剂中微晶体的大小对分辨率有决定性的影响，其颗粒度越小，乳剂层的分辨率越高。分辨率还与反差系数有关，随显影时间延长，γ值也增大，分辨率也提高，显影时间增加到一定限度，颗粒度增大，分辨率反而要下降，如高感光度负性材料在$\gamma=0.75$时，分辨率达到最大值。分辨率也与曝光量有关，曝光正确的，分辨率也高，曝光不足或曝光过度的，分辨率就低。影响分辨率的还有防光晕性能、光学照相条件（如镜头孔径和光源的波长等）。

清晰度虽也和分辨率同样是说明感光材料表达细部的能力，但这两者的概念却是不同的。分辨率指感光材料分辨细部的能力，它以每毫米宽的感光材料上能记录下可分辨的平行线条对数来计算。而清晰度指影象线条边沿的锐度，即指线条边沿密度变化的尖锐程度。如果黑白线条间模糊，在黑白之间有一灰色的过渡段，则清晰度不好，反之，如果象白纸写黑字那样黑白分明，清晰度就好（图4-16）。



图4-16 清晰度比较图

清晰度不好主要是由漫射光晕现象和显影临界效应引起的，





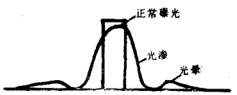


图4-17 漫射光晕（光渗）和反射光晕（光晕）

当然，乳剂本身的特性也是主要的因素。

漫射光晕是由卤化银晶体对光线的漫射引起的，它就象光线渗入感光层一样，因此也称为光渗。当然，我们前面提过的反射光晕现象（即透射过乳剂层的光经过片基背面反射，又作用于乳剂层的现象）也会造成影象模糊（图4-17）。

前者可用“薄层涂布”的方法减少光渗现象，因为乳剂层越厚，卤化银颗粒堆积得越多，漫射光晕现象也越严重；而对于后者来说，正如我们已经讨论过的那样，在片基背面涂防光晕层，最大限度地吸收反射光，这是提高清晰度的重要途径(图4-18)。

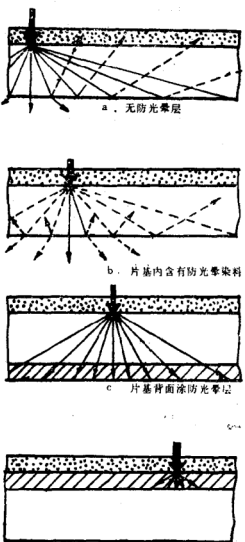


图4-18 涂防光晕层和防光晕染料的效果

邻界效应在反差较大的边沿处表现得特别明显，因为显影时，显影液从曝光不足的一边向曝光充足的一边扩散，因此在邻界处曝光不足一边的新鲜显影液减少，致使密度降低；而在邻界处曝光充足一边由于获得新鲜显影液的补充，因此密度要更高些。引起显影邻界效应的主要原因在于显影液的性质和显影搅拌的速度。邻界效应现象也影响清晰度，它使边沿处未曝光部分也不同程度地变黑，形成一个从黑到白的过渡区间。如图4-19所示。

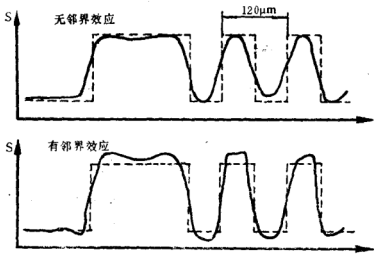


图4-19　邻界效应的密度分布比较

第四节　感光材料的生产

前面我们已经谈到感光材料的原理、结构和性质。在实际的生产中，由于使用的原材料、加工方法和工艺顺序的不同，制成的感光材料之间也有差别，这会影响到它们的使用。下面我们简单地介绍一下明胶、片基、感光乳剂及感光胶片和感光树脂版的生产方法。

一、片　基

感光材料现在采用的片基可分为两类：纤维素酯片基（如硝酸纤维素片基和醋酸纤维素片基）和聚酯片基（如聚对苯二甲酸

乙二醇酯片基〔即涤纶片基〕和聚碳酸酯片基）。现对片基生产的方法作一简单介绍。

1.醋酸纤维素片基的生产：醋酸纤维素是由纤维素和醋酸起化学反应后生成的，反应原理我们就不详述了。醋酸纤维素片基的生产主要分两个工序来完成，一个就是制备棉胶液，另一个就是流涎成型。

在不锈钢锅中加入溶剂二氯甲烷和甲醇的混合剂，之后慢慢加入三醋酸纤维素酯，再加入作为增塑剂的磷酸三苯酯和邻苯二甲酸二丁酯。经过加温搅拌12～36小时后，纤维素酯和增塑剂全部溶解，即制成透明粘稠的棉胶液。

在流涎之前，需进行过滤以消除杂质和胶液中的气泡。流涎是将棉胶液铺开制成连续的具有固定厚度片基的过程。流涎机有两种形式：一种是鼓式流涎机、一种是带式流涎机。

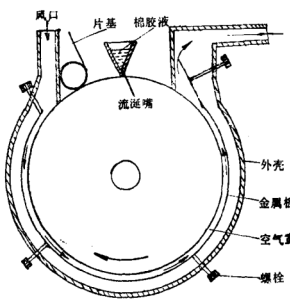


图4-20 鼓式流涎机示意图

鼓式流涎机如图4-20所示，它有直径很大（可达五六米）的大圆转筒，棉胶液从转筒上方的流涎嘴中流出来，沿转筒表面转一周后从左上方引出。为保证胶液中的溶剂蒸发、冷凝成型，鼓的圆周长要尽可能长些，鼓的转动尽可能慢些，同时沿片基运动的相反方向送入热风。

带式流涎机（图4-21）是在圆筒上套上一条封闭铜带套。圆筒的直径约为1 m，铜带长约28～30 m，张力可以通过调整两个滚筒间的距离来控制。这套装置是装在绝热罩中，吹入热风来使溶剂蒸发。片基在带上的停留时间一般在10分钟以上，因此机器

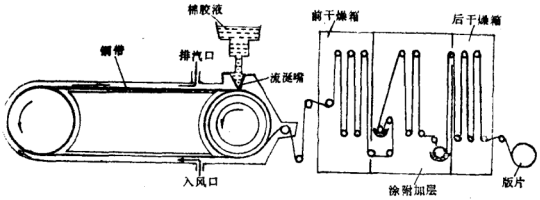


图4-21 带式流涎机示意图

的转动也很慢，一般在1～3m/min。由于绝热罩是密封的，挥发的溶剂大部分可以回收利用。由于热风的作用，铜带的温度也会升高，使棉胶液的溶剂急剧挥发而产生气泡，严重影响片基的物理和化学性能，所以在流涎端的圆筒中要通入冷却水对铜带降温。

片基表面质量和厚度的精度取决于铜带或鼓的表面光洁度和流涎嘴刮刀的精度。片基从流涎机引出时的含湿量一般在25%，还需通过干燥箱进一步干燥，有的还同时涂布底层和防光晕层。最后，片基的含湿量降至1～3%后就可裁边、导电和卷片。其中导电是为了消除因制造时摩擦产生的静电，卷片则要保证其松紧度适当。

2.涤纶片基的生产：涤纶的优点很多，其熔点较高(260℃)，热稳定性高，弹性高，吸湿性小，收缩性低，平整度高，抗张强度大。

制造涤纶片基的工艺过程也与纤维素酯片基不同，它不是采用流涎的方法而是采用热熔挤压拉伸的方法。首先将对苯二甲酸二甲酯溶解在乙二醇中经酯交换反应、缩聚反应、过滤，这就制成了对苯二甲酸乙二醇酯（涤纶树脂），这其中的化学反应的原理我们就不详述了。这时制成的是无定形的薄膜，俗称厚片。所谓无定形，指内部不呈现结晶。

厚片很脆，为使薄膜获得符合片基要求的机械性能，还需在

80～90℃下沿两个相互垂直的方向拉伸，使聚合体分子链按一定的方向排列。拉伸的方法有两种：一种是纵横向同时拉伸法，也叫一次拉伸法；另一种是先纵向、后横向分两步拉伸的方法。一次拉伸法如图4-22所示，而两次拉伸法是由拉伸辊的速差进行纵向拉伸，而横向拉伸也如一次拉伸法那样由两边夹子导轨的开角来完成。拉伸量的多少取决于厚片的厚度。在拉伸的过程中，温度的变化要求在0.5℃之内，否则会影响薄膜的均匀度和平整度。最后将拉伸定向的薄膜还要在190～200℃下进行热定型，使薄膜具有稳定的结构。

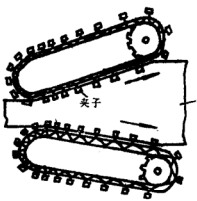


图4-22 一次拉伸法示意图

在片基制作的过程中，有时还附带完成涂布附加层的工作。附加层包括底层、防光晕层和防静电层等。

二、乳剂的制备和涂布

照相乳剂的种类很多，但基本成分大体相同。照相乳剂的制备实际上就是将卤化银微晶均匀地分布在明胶里并获得一定照相性能的过程，它包括配液、乳化、物理成熟、冷凝、切条、水洗、化学成熟、再次冷凝以及切块储藏等工序。感光乳剂的制备较为复杂，这里仅就直接影响其感光性能的一些方面进行介绍。

乳化是乳剂制备中的重要工序，它是把硝酸银（或硝酸氨银）溶液和碱金属卤化物明胶溶液混合生成卤化银明胶乳状液的过程。乳化的方法、速度、温度和搅拌等情况对卤化银颗粒的大小和分布起决定性的影响，它直接影响到乳剂的感光性能。乳化的方法可分成两大类：一是单注法，指将硝酸银溶液和卤化物明胶溶液混合时，将某一溶液一次或分几次倒入另一溶液中的方法；一是双注法，指将硝酸银溶液和卤化物溶液同时加入到明胶溶液中的方法。双注法比单注法产生的卤化银颗粒更均匀。乳化

的速度越快，颗粒越小，也越均匀。乳化的温度越高，颗粒增长越快。乳化过程始终在搅拌下进行的，搅拌得越均匀，颗粒才能分散到乳化液的各个部位中去。

乳化结束后，为使卤化银的小颗粒成长为大颗粒，还需将乳化液在较高的温度下继续搅拌，这个过程叫物理成熟。由于溶液中小颗粒的溶解度比大颗粒的溶解度要高，在搅拌中，小颗粒重新溶解，大颗粒继续增大，在物理成熟的过程中卤素离子浓度、溶剂、明胶量、温度、时间、搅拌速度等都对产品有一定的影响。经过物理成熟的乳剂还不具备最终的照相性能，还需经过化学成熟和掺加补加剂等工序。

化学成熟的过程中，卤化银颗粒的大小和形状基本上不再变化，而是在颗粒表面发生局部的化学变化，形成感光中心，使卤化银颗粒具备必要的照相性能，这一过程大大提高了感光材料的感光度、反差系数和最大密度值等特性。例如，感光度在这一过程中提高了5～10倍。感光中心产生的原因主要是明胶中的杂质和微晶中的银相互作用的结果。影响化学成熟的因素包括：溴离子浓度、pH值、温度、时间和明胶的活度。溴离子浓度倒数的对数值一般控制在2.8～4.2之间，而pH值一般控制在5～7.5之间，对感光度高的乳剂，该值偏低。温度和时间二者有一定的关系，温度越高成熟速度越快，时间越长，乳剂的感光度、最大密度和反差系数都增高，这二者必须严格控制，否则会使感光材料产生灰雾。明胶中的活性杂质（如硫代硫酸钠混合物等）相当于后面还要提到的增感剂，对感光性能有一定的影响。

为了进一步提高感光乳剂的感光度，在化学成熟的过程中可加入增感剂。增感剂的作用可归纳为还原增感（明胶中杂质的还原作用就属于此类，在明胶中可加入醛、糖醛酸、两价锡盐和抗坏血酸等还原剂）、硫增感和金增感（采用金属金盐以及铂和钯族金属盐作为增感剂）。

在涂布之前，乳剂还要加入各种稳定剂、防灰雾剂、光学增感剂、防氧化剂、成色剂、表面活性剂、坚膜剂、紫外线吸收

剂、防腐剂、消泡剂等一系列补加剂来进一步改善感光乳剂的使用、贮存性能。

乳剂的涂布是制造感光材料的重要一环。由于支持体的不同，涂布机有干版涂布机和软片涂布机（也包括纸基），而软片涂布机又可分为槽式涂布机和挤压涂布机。

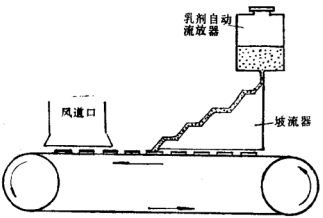


图4-23　干版涂布机原理图

干版涂布机原理如图4-23所示，其适用于大规模生产。将涂好底层的玻璃板排放在涂布台上，随橡胶软带的运动，玻璃板移动到坡流器下，均匀地涂上乳剂，经冷凝、干燥制成干版。对小规模生产的可以采用手工涂布或旋转式（离心式）涂布机进行涂布。

槽式涂布机有浸涂法和对辊法（图4-24），这两种方法结构简单、操作方便，但车速慢、涂层厚，乳剂浪费大。由于槽中的乳剂可能沉淀，这也要影响到涂布的质量和照相性能，为了克服这些弊病，可以安装气刷和刮刀等辅助设备，以提高车速，涂层

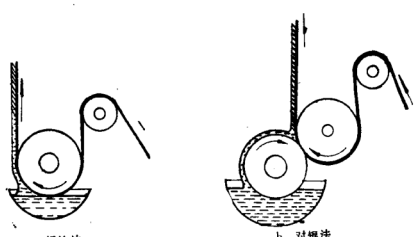


图4-24　槽式涂布机原理图

也可以变薄，同时还可以进行复层涂布（4-25）。

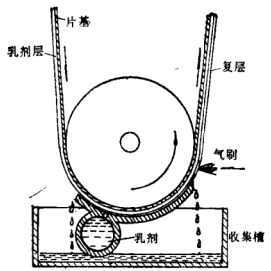


图4-25　气刷涂布装置

挤压涂布机转速高，并且能够同时进行多层涂布，近年来有取代槽式涂布机的趋势。挤压涂布机的种类很多，从分层的形式上可分为挤出式、坡流式和浮泳式（图4-26）。无论是什么形式，乳剂均由泵供应，故统称为挤压式涂布。除此之外，还有扇形式、落布式和双面涂布式法等形式，这里就不一一介绍了。

涂布时要随时掌握乳剂的温度、粘度和浓度，精确地控制涂布机的车速和乳剂层的厚度、均匀度，其中最重要的是乳剂层的厚度，一般控制在1μm左右，如果厚度变化过大，就意味着各部分的含银量不同，这就影响到感光材料的照相性能。乳剂的粘度、温度也影响涂层的厚薄和均匀度，乳剂粘度越大，涂层就越厚，而温度越高则粘度降低，还会使乳剂产生气泡。车速的变化当然也会引起涂布层的变化。

在多层涂布时，为不产生混层的现象需对乳剂的粘度和比重、涂布的厚度和乳剂层的流速加以控制。

经涂布后的感光材料还要进行冷凝、干燥、储片、裁切、切口等工序，最后经检验、包装，即为成品。

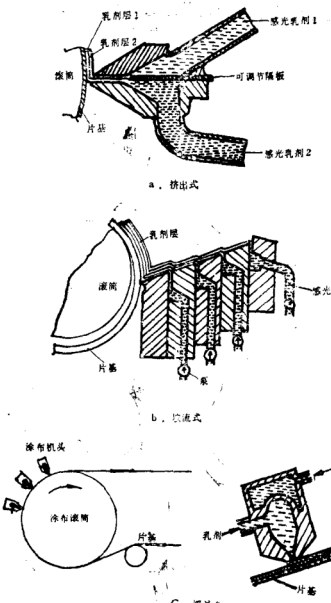


图4-26　挤压式涂布机

三、感光材料在生产中出现的弊病及其防止方法

1.空气污染对感光材料的影响：空气中的灰尘吸附到感光材料上，会使乳剂层受到污染而产生斑点，如果灰尘不含化学活性物质，它造成的污点与灰尘的面积相等，如果灰尘含有化学活性

的质，造成的污点为尘埃的直径的几十倍。感光材料上沾上的灰尘会划伤乳剂层，显影后成为黑丝。因此，在制作感光材料时需对空气进行除尘。除尘的方法有过滤、吸收和化学处理等几种。

2.**有害气体和蒸气对乳剂层的作用**：对感光材料危害最大的有害气体是硫化氢，它使乳剂层产生黄色的灰雾，它的防止方法是在生产用气的进口安置吸附塔，以吸附掉有害气体。挥发性酸的蒸气可引起潮湿乳剂 pH 值的变化，引起感光材料感光度在保存期间产生变化，都必须加以注意。

3.**各种机械作用对感光材料的影响**：由于机械部件和灰尘的摩擦会造成长长的黑色划痕，感光材料受局部压伤、折叠都会使感光材料产生折痕，这是因为片基变形而致使感光层中的银盐物质分布不均匀，在感光材料受静压的情况下，卤化银颗粒明显地减感，甚至破坏，使感光材料产生潜影。

4.**其它作用给感光材料带来的影响**：涂布中的缺陷会造成感光材料中的“慧星状”、“云状”痕迹；由于乳剂本身涂布不均匀会造成感光材料各段的感光度不等，称为“银沉积段”或“银沉积带”；感光材料在干燥过程悬挂而产生的“杆印”；静电效应产生的放电痕迹等等，这些弊病都影响到感光材料的质量，使制版后的图文产生缺陷，而这些缺陷在制版前却无法发现，这都是感光材料在制作时需加以克服的。

第五节　感光材料的分类

一、分类法

感光材料的种类繁多，为了便于使用，我们习惯将感光材料分成几大类。根据感光材料的特性不同，用途不同，感光材料的分类也是多种多样的，下面介绍主要的分类法。

1.**按感光度的不同分类**：有高感光度、中感光度、低感光度几类。在相同的曝光和显影条件下，感光度越高的感光材料获得的密度值越高，也就是说，要获得相同的密度值，感光度高的感

光材料所需的曝光时间比较短。卤化银的颗粒越大，感光材料的感光度越高，但是辨分率却要下降，由于制版时一般是对静止的原稿进行拍摄，并且要求分辨率越高越好，因此，制版时所用的感光材料大多是低感光度的。

感光度为21°属于中等感光度，高于25°、27°的感光材料为高感光度。照相制版用的软片的感光度根据制版机械不同而不同，制版照相机用的多为低感光度的，电子分色机用的多为高感光度的。

2.按生成的影象的色彩分类：可分为黑白感光材料和彩色感光材料。由于制版的工艺是将彩色原稿分成几块黑白分色版，用不同颜色的油墨套印而复原成彩色图文，因此，在制版时只需采用黑白感光材料，而照相制版用的彩色透明片、彩色照片原稿，则为彩色感光材料。

3.按感色性分类：根据感光材料对不同波长的光的感受程度不同，可分为色盲片、正色片、全色片、红外片、紫外片、X光片等几种。

色盲片对蓝紫色的光和紫外线感受性强，而对黄绿色光感受迟钝，对于红、橙色光则完全不能感受，因此在操作时使用红、橙色的安全灯。这种片人们常又称为感蓝片。用它拍摄彩色原稿时，获得的明暗层次与人眼感受的不同，人眼很敏感的黄、绿和红色的物体在底片上表现出来的却是深灰色和黑色，而蓝、紫色的物体人眼不易感受，在底片上却是淡灰色和白色。色盲片的感光速度很低，颗粒细，反差大，多用于翻拍黑白原稿或复制彩色原稿的黄色版。按感色性分类，湿片也属于色盲片这一类感光材料。

正色片，又称分色片，用字母“O”表示，根据反差系数不同，产品又分成OA、OB、OC、SO四种。对波长为330～600nm的光感受性强，与色盲片相比，由于增加了一些增感剂，它不仅可以感受紫外线、蓝紫光，还能感受绿光和黄光，但不能感受红、橙光，因此在暗室操作时，可用红灯作安全灯，因此也有人将正

色片称为“红灯片”。正色片多用于拍摄文字、线条画等黑白原稿，翻拷阳图片和黑白蒙片。由于它对黄、绿色光感受力较强，因此常用于晶红滤色片分色制作黄版。

全色片，用字母“P”表示，根据反差系数的不同，有PA、PB、PC、SP四种型号。它可感受可见光部分的绝大部分色光及紫外线（即可感受波长为330～700nm的色光）。但对绿色光不够灵敏，因此可在暗绿色安全灯下工作，所以全色片也叫作“绿灯片”。全色片主要用于照相分色或制作分色前蒙片。

红外片能感受红外线，由于红外线不被空气所散射，多用于军事用途，印刷行业常用于拍摄由于年代湮远而模糊的原稿。

另外还有对紫外线敏感的感光材料叫紫外线胶片，对基本粒子射线（如α射线、β射线、γ射线等）敏感的核子照相材料，对X射线敏感的X光胶片，等等，由于与印刷无关，我们就不再介绍了。

4.按片基不同的分类：根据片基材料的不同可分为硬片、软片、相纸三大类。硬片是以玻璃板为片基的感光材料，如印刷制版用版、幻灯片、普通照相干片等；软片是以高分子化合物（如纤维素酯、聚酯）为片基的感光材料，如普通软片、电影胶片等，印刷上所用的是印刷制版用软片；相纸是以纸张为片基的感光材料，纸基表面涂有钡地层，使纸基表面洁白光滑，以提高影象的质量。它又可分为印相纸、放大纸和印放两用纸。相纸在印刷上用于制做照相排字的原稿。

5.按反差系数高低不同分类：根据反差系数分类，可分为软性片（用字母C表示）、中性片（用字母B表示）和硬性片（用字母A表示）和特硬性片（用字母S表示）。

软性片一般指反差系数小于1的感光材料，其特点是得到的影象的反差比原稿的反差小，层次比较柔和丰富，尤其是低调层次更是柔和，但清晰度比较差，适用于拍摄反差较大、低调层次丰富的原稿，如拍摄低调浓重的油画、黑白照片和经蒙版压缩反差后的天然色正片等。

中性片指反差系数在1左右的感光材料，其阶调柔和、层次丰富，但比软片要差一些，适用于拍摄色调丰富的画稿，经蒙版压缩反差后的天然色正、负片。

硬性片指反差系数大于1的感光材料，这一类感光材料得到的影象反差大于原稿的反差、黑白分明、宽容度小，但缺少中间调连续层次，适宜拍摄黑白线条稿、制作高光蒙片。

特硬性片指反差系数在2.5以上的感光材料，全色型特硬片适用于直接分色加网，正色特硬片适用于翻拍网纹图版和制作黑白线条稿和文字稿。

6.按生成影象的性质分类：如果摄得的影象经曝光和显影之后，其明暗层次和被摄原稿相反的感光材料称负性感光材料，又称负片或底片。正性感光材料指复制底片后经显影所得的影象其明暗层次与被摄原稿相同但与底片的明暗层次相反的一类感光材料，又称正片，用于各种底片的复印（参看图4-9）。反转感光材料是经过曝光和反转显影加工之后，得到的图象的明暗层次与被摄原稿相同的感光材料。反转感光材料可省略由底片拷贝正片的工序。其照相性能介于正片与负片之间，因反转感光材料用于直接拍摄，感光度比正性感光材料高，而其又需直接成象，则反差系数又比负性感光材料高。照相制版用的彩色透明正片原稿多是由彩色反转片直接拍摄而得的。

在照相制版中，印刷用胶片没有正性感光材料和负性感光材料的严格区分，例如，中性正色片既可用来拍摄黑白连续调原稿制阴图，又可用来拷贝阴图制阳图；特硬正色片可用来拍摄黑白连续调原稿制作阴图网纹版，又可用于拷贝阴图制取阳图网纹版。

7.按用途不同的分类：可分为校色用感光材料、分色用感光材料、拷贝用感光材料、正片用感光材料、网线版用感光材料、蒙片用感光材料、用于照相凹版和丝网印刷版的转写感光材料等。

分色用感光材料：这类材料应该能感受彩色原稿的各种色

光，因此只有全色型感光材料才可胜任，这类感光材料对各色版所用的滤色片滤色后的色光的感受程度应大致相同，而且感光材料可根据显影条件调整影象的反差，具有防光晕层，用于间接加网分色的是分色用连续调感光材料，其中用于拍摄反射原稿一般为硬性片，用于拍摄透射原稿一般为软性片；用于直接加网分色工艺的直接分色用感光材料，由于在分色时还需形成网点，因此这类感光材料一般采用特硬性感光材料，其反差系数很大、宽容度小，用这类材料进行直接加网分色可降低成本。

校色用感光材料：如果从原稿直接制取黑白校色片，可以选用软性的全色片（$\gamma=0.4\sim0.5$），也可用分色用软性全色片；如果从原稿不经分色直接制取彩色校色片，就需采用多层校色用感光材料；如果从分色负片（黑白）制作校色片，只需用正色型感光材料即可。

正片用感光材料：由于被摄原稿已经是黑白的图文，因此只需使用正色型的干片、软片就可，过去一直采用的是湿版感光材料。被摄的分色负片已经压缩过一次反差，则可选用$\gamma=1$的中性感光材料，如果要进行手工修版，可采用消光泽面、光面等感光材料。正片用感光材料可有一般正片感光材料、制版用正片感光材料、阳图翻阳图型正片感光材料、印相纸正片感光材料等。

网线版感光材料：这种感光材料一般是正色型的特硬性的软片或湿版，又可分为用于拍摄线条画的感光材料（其要求分辨率高、反差系数大）和用于拍摄网版的感光材料，如果用于直接分色，有全色型的网版感光材料；如果被摄的原稿是黑白的，也有正色型的网版用感光材料；另外还有自成网点的感光材料。

拷贝用感光材料：用以拷贝阴图或阳图，调整图象的反差及密度，它有一般拷贝用感光材料、快速拷贝感光材料，以及用于制作照相凹版阳图用的凹版拷贝感光材料。

转写感光材料：用于丝网印刷及照相凹版制版的转写感光材料。

8.按使用时材料的状态分类：可分成自制感光材料（如湿

版）和即制感光材料，湿版感光材料是在拍摄原稿前将涂好碘棉胶的玻璃浸入硝酸银溶液，然后装到底版架上进行拍照，湿版与即制感光材料相比，其给制版工人增加几道工序，而感色性、贮存性能都不好，因此国外已趋于淘汰。

感光材料的分类还有其它方法，但是都不常用，就不介绍了。

在生产中，我们并不是严格地将感光材料分成几大类，下面我们就常用的几种感光材料做一介绍。

二、照相制版感光材料

1.湿版感光材料：湿版是在玻璃上涂布照相药液的一类感光材料。湿版采用的玻璃厚 2 ～ 3 mm，光学特性较好，选好的玻璃用碱和酸进行洗涤，然后浇涂蛋白液，蛋白液的作用是使照相乳剂和玻璃能很好地接合在一起。浇好蛋白液的玻璃干燥后备用。在照相之前，再涂上一层碘棉胶，稍干后浸入硝酸银溶液中，这样即可对浸完硝酸银溶液的玻璃版进行曝光制取阴图或阳图。

碘棉胶是碘剂与棉胶的混合物，棉胶是硝化棉溶解于乙醇和乙醚混合溶液中配制而成的胶体，它能使碘剂中的卤化物均匀地悬浮于其中，当涂好碘棉胶的玻璃浸入硝酸银溶液中时，卤化物与硝酸银反应生成能感光的卤化银。

拍摄后的湿版也需进行显影和定影，显影液的主要成分为硫酸亚铁，显影时亚铁离子析出了一个电子使受过光的银离子还原。显影后的湿片上的感光部位变成了黑色的图象，但未感光的部位仍然不透明，可用氰化钾或硫代硫酸钠将未曝光的卤化银溶解掉。氰化钾因有剧毒已不使用。硫代硫酸钠与卤化银反应后，将不溶性的卤化银转化为可溶性的硫代硫酸银钠。

经显影和定影后的湿版上的图象黑色银粒还太少，达不到应有的光学密度，往往需经加厚工序。加厚的方法有铬盐加厚法、汞盐加厚法、铜盐加厚法等。经加厚的湿片，非图文部位不太透

明，而且线条和网点的边缘也清晰，还需进行减薄处理。原理是将银粒子变成碘化银，再用硫代硫酸钠除去。最后用硫化钠溶液将感光部位进行黑化，生成稳定的硫化银。

2.照相干版：照相干版挑选无色透明、平整光滑、厚薄均匀、无气泡的玻璃板为支持体，在玻璃板上涂布卤化银感光乳剂。照相干板的优点是几何尺寸稳定性好，多用于对尺寸精度要求高的印刷品（如地图等）的制版，在天文摄影、光谱分析等领域应用的也很广。由于玻璃易碎、笨重、不易保存，现在除了要求高尺寸稳定性的场合，已基本被胶片所取代。

照相干版的使用比较早，开始是用于取代棉胶湿版的，与其相比，照相干版不仅具有反差系数高、灰雾低、清晰度好等优点，而且其感光度比较高，使用方便。一般用于翻拍阳图。

照相干版的生产过程已如前所述，由于其生产批量小，照相性能不稳定，对照相制版来说，还不是那么完善。

3.网线感光材料：这一类感光材料是银盐感光材料，其反差系数很高，国外一般都在10以上，它在曝光量低于某临界值时并不析出颗粒，只有超过这一临界值的曝光才能使感光材料产生黑色的影象。这样，在拍摄线条画、文字或网版时才能获得清晰的边界，使制得的印版图文清楚，分辨率高，因此这类感光材料一般用于制作平版印刷的印版，也叫做里斯软片（Lith Film），这是英文平印用软片的音译。

图4-27是该感光材料的特性曲线，其斜率很陡，表明在曝光量增加很少的情况下，密度从低到高有一剧烈的跳动，用这种材料放于网屏后对原稿进行拍摄，

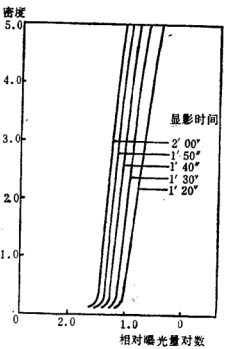


图4-27 网线感光材料的特性曲线

在被网屏不透明区域遮档的地方，感光片只记录下很低的密度值，甚至没有密度值，而此时在网屏孔径中心之后的感光片上只要有超过临界值的光通过，感光片就能记录下最大的密度值，通过网屏孔径的光越多，这些光使密度孔径的中心向各个方向上发生跳跃，形成的网点也就越大。因此每个网点的大小取决于通过每一网屏孔径的光量，这些大小不同的网点就组成了能反映明暗层次的图文。

要获得适合制版的网点，反差系数值应在8以上，特性曲线的趾部应很短，感光材料的最大密度应在5以上。为了达到硬调、高密度的图象，网线感光材料比普通软片的乳剂层要含更多的卤化银，若换算成银量，可达到0.45mg/cm²，卤化银颗粒的大小在0.5μm以下，乳剂中还含有60mol%以上的氯化银，或85mol%以上的微粒子乳剂，以及在其它显影液中起增感作用的聚氧化乙烯，它在硬调显影液中起减感作用，但对趾部的作用很强，使图象反差加大。

网线感光材料虽然能获得5以上的最大密度值，但其小网点（10%以下的网点）的密度值只有2～3。因此，衡量网线感光材料性能好坏，不仅可以通过对特性曲线进行分析获得，还可以通过对网点的最大密度值和虚边的大小来进行定性定量的分析。

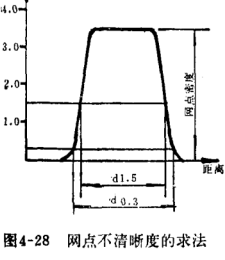


图4-28　网点不清晰度的求法

定性分析一般只需用显微镜或放大镜观察网点的形状及虚边的情况即可作出结论。如要对网点的质量做定量的分析的话，我们可采用显微光学密度计对网点进行测量，测得的曲线如图4-28所示，其网点的好坏可用不清晰度来衡量，不清晰度可以这样来求：分别量得网点上密度值为0.3和1.5的直径 $d_{0.3}$ 和 $d_{1.5}$，则不清晰度为两者之差。

高反差网线感光材料不仅需要有高反差系数的感光乳剂，而且还需有硬调显影液加以配合，才能获得高反差的图文。硬调显影液的主要成分是对苯二酚，并加入甲醛等来降低亚硫酸离子的浓度（保持在1～2 g/l），加入的甲醛与亚硫酸离子生成络合物，虽然亚硫酸离子的浓度较低，但只要消耗了亚硫酸离子，就会因络合物的分解而得到补偿。它与普通显影液不同，普通显影液在对乳剂中某一部分进行显影后，该部分显影液产生疲劳而降低了显影的作用，而硬调显影液却相反，该部分比周围得到更强烈的显影，使网点面积增大，称为感染显影。但硬调显影液并不是靠感染显影来增感的，而是以达到高反差和削短特性曲线的肩部为目的，根据乳剂的配方来确定显影液成分的。显影液中的对苯二酚在显影时形成半醌，半醌有很强的显影作用，使图象产生高反差。硬调显影液的pH值在10时也能获得高反差。

网线感光材料的片基要有较好的几何尺寸稳定性，以得到套印准确的印版。因此，现在这种软片的片基都采用聚酯片基。感光乳剂也随用途不同而各不相同，如用于拍摄黑白原稿时采用正色型，用于对彩色原稿直接加网时用全色型乳剂，用于拷贝、拍摄线条画所用的感光度也各有高低，因此品种也各不相同。

4.连续调感光材料：连续调感光材料一般用于分色及校色，也用于在照相凹版制版时制作阳图。

①照相分色用软片：用于照相分色的软片有用于拍摄透射原稿的软调型及用于拍摄反射原稿的硬调型，前者的反差系数较低，如PB和PC型软片，后者的反差系数较高，如PA型硬性全色软片。也有既可用于拍摄透射原稿，也可用于拍摄反射原稿的，但需在显影处理时控制图象的层次。用于分色的软片，其特性曲线上密度在0.3～1.8之间的应有良好的直线性，颗粒度要细，用于制作各色分色片时，其显影时的时间—γ曲线应尽可能相同。片基应用尺寸稳定性好的聚酯软片，厚度为0.175mm。片基在修版时不得发生卷曲。乳剂面有能修正的粗糙面和光面两种。要注意乳剂面是光面的软片，这类软片常和蒙片重叠使用，或贴在玻

璃面上使用，不能产生牛顿环。软片在曝光时使用了分色滤色片，感光度应相应高一些，感色性也应是全色型的。

②分色机用感光材料：扫描分色机的原理是对原稿图象逐点扫描，同时在软片上用光记录分色图象。它与制版照相机用的软片工作条件不同，它不是同时在软片的整个表面形成图象，而是用狭窄的光束在10^{-8}～$10^{-4}mm^2$的面积上形成图象，图象不是记录在固定的软片上，而是记录在装在高速旋转的滚筒上的软片上，因此每一点的曝光时间只有10^{-6}～10^{-6}秒，因此不仅要求高强度的光源，还要求软片具有很高的感光度，因此采用碘、溴化银作乳剂。在曝光时间严格不变的情况下，要达到所需的光学密度值，只能改变光线的亮度。

软片不仅需有很高的感光度，而且还需有较好的显影条件来保证，因为卤化银颗粒在曝光时间长的条件下比曝光时间短的其还原要早，速度也要快，在强照明的条件下曝光，乳胶体的出现比弱照明条件下同样的曝光量来得慢，这就是卡班-霍夫曼效应，由于这个效应，在高强度照明和超短暂曝光的条件下，如果短时间显影或在弱显影液显影时，就会出现倒易率失效的最大值，使密度降低。为了提高软片的感光度，应使用较强的显影液或提高显影温度，在这样的显影条件下，扫描分色机用软片的一个重要的指标就是灰雾度小，同时还必须精确地对显影加以控制，在固定的显影液浓度、显影时间和显影温度条件下进行显影加工，因此，电子扫描分色机扫描软片一般都在自动显影机里进行，要求有较大的显影宽容度。注意到软片对阶调的要求较高，显影温度较低，显影时间较长，乳剂中卤化银和明胶的比率较低。

由于记录光源有各种形式，要求有相应的感光乳剂，如用氪-氖激光的电子分色机应使用感红的软片；用辉光管和氙灯的分色机要求感光度较高的乳剂；用氩离子激光的网点发生器所用的为正色型网线感光材料。

除此之外，扫描分色机软片要求低密度部位的直线性要好，高密度部位能扩展，以保证层次能平衡，分辨率和颗粒性应好。

扫描分色机软片也采用 0.175mm 厚的聚酯片基。

③蒙版用的感光软片：用于蒙片的感光软片也因蒙版方法不同而不同。例如用于彩色蒙版的软片是有三层或五层，甚至达到 7～8 层感光成色层的软片，制成蒙片后，本身也呈现色彩，各层都有蒙版效果，在加网作业时不需更换蒙片。它虽然在蒙版上有许多优点，但软片本身价格昂贵，显影处理也很麻烦。对这种软片性质的评价以校色效果、感光特性曲线的直线性为重点。

用于灰蒙版的感光片就简单得多，只需保证全色型，低密度部位直线部分长、高密度部位能扩展就可以，其反差系数是分色用软片的一半以下。片基以聚酯片基为常见。因为蒙片的图象都不太鲜明，因此胶片背面不必涂布防光晕层。

用于高光蒙版的感光软片也用网线版型软片，要求表面微带粗糙面，以便在与其它软片叠合操作时不产生牛顿环。

④凹版用感光材料：凹版印刷是以油墨量的连续变化来再现画面浓淡的，因此照相过程也与普通的连续调图象拍摄一样，需有调子再现性很好的感光材料。凹印工艺是用连续调阳图作原稿对碳素纸晒版的，不同的调子需不同软片，并靠调整显影时间以调整调子。这样凹版软片应具有以下特点：须具有从超软调（$\gamma=0.7\sim0.8$）到硬调（$\gamma=1.6\sim1.8$）的连续阶调；特性曲线直线性好；显影宽容度宽，显影出的质量稳定。

凹版软片一般采用的是感光度不太高的碘溴化银乳剂。乳剂颗粒大小范围分布较大，以保证特性曲线的直线性。其碘化银含量不同，粒径分布不同以获得各种阶调。为使所有软片都能在明亮的安全灯下操作，乳剂不作色增感。同时，采用比其它印刷感光材料高的卤化银与明胶之比以使其具有适度的坚膜性，以及其它保证显影性能稳定的方法。凹版软片采用尺寸稳定性很高的绦纶片基，并在背面涂以防光晕层。

照相凹版用软片，其反差系数在0.7～1.2的，用于彩色照相凹印，反差系数大的，用于单色照相凹印。用于阳图的主要是调子再现的问题，要求显影时容易控制层次，特性曲线的直线部分

要长，在肩部的调子再现性要好等性能。

5.彩色感光材料：彩色感光材料可分为反转材料和非反转材料两大类，反转材料是用于制作正片的，非反转材料既可用于正片也可用于负片。虽品种很多，但基本原理是相同的(图4-29)。一般是多层彩色胶片，在支持体上涂布三层感色性不同的乳剂，使其分别感受三原色光。最上一层是未经光学增感的色盲型乳剂，只感受蓝紫光而不感受红绿光，该层乳剂中含有能够形成黄色染料的黄色成色剂；中间一层乳剂层加入感受绿光的光学增感剂，其感受波长为500～600nm的绿光，同时乳剂层中加入能够形成品红色染料的品红色成色剂；最下一层乳剂加入感受红光的光学增感剂，能感受波长为600～700nm的红光，该乳剂层中含有能够生成青色染料的青色成色剂。由于这三层乳剂部是卤化银乳剂，均对蓝光敏感，因此需在感蓝层下面涂一层黄色滤光层吸收蓝光，这一层是明胶与胶体银制成，胶体银颗粒分散到一定程度时呈黄色，而冲洗时全部褪色，与漂白液化合生成亚铁氰化银，然后溶解于定影液中。



图4-29　多层彩色胶片的基本结构

这三层乳剂层按理应使其感光度、反差系数、分辨率和宽容度完全一致，彩色再现才能正确，但这是相当困难的。为使感光度完全一致，中层乳剂的感光度应略高，下层最高，因光线透过乳剂层是逐级减弱的。底片的反差系数一般为0.7，正片的反差系数为2.5左右，有时为提高色彩的饱和度，底片的反差系数相应提高到接近1.0。由于入射光线每穿透一层乳剂均要受到不同程度的漫射，越到下层，漫射得越厉害，彩色多层胶片的分辨率一般比

黑白胶片要低。虽然最上一层感蓝层的分辨率很高，但人眼最敏感的是绿光，因此后来又把三乳剂层的排列顺序加以改进，如图4-30所示。这种排列形式无需黄滤色层，因为感绿层和感红层使用的是对蓝光不甚敏感的氯化银乳剂。

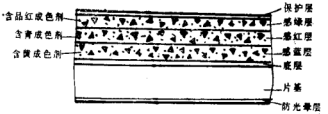


图4-30　多层彩色正片倒型排列

6.反转片：感光材料经曝光和显影加工后直接形成正象的称为反转片。一般黑白底片也可以用反转冲洗的方法直接获得正片，但形成的图象质量不一定能符合要求。反转片的构造与黑白片的主要区别是乳剂层下面有一层灰黑色的银组成的防光晕层（图4-31），这一层防光晕层不能为一般显影液或定影液所去除，而只能在漂白过程中除去，因此有些黑白反转片是不能当作底片使用的。有些防光晕层是涂于片基背面的黑色染料层，在显影时，染料可被溶去，这样的反转片可作为负片使用。

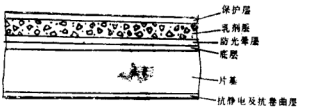


图4-31　黑白反转片结构示意图

经过曝光的反转片在首次显影中，感了光的溴化银被还原成银，由还原银粒组成的是与原稿相反的负象。没曝光的、在显影后剩余下来的卤化银颗粒组成的图象恰好与银粒组成的图象相反，而与原稿的影象是相同的。在显影后，如果不是用大苏打溶去剩余的溴化银，而是用另外一种化学药品（如酸性的高锰酸钾或重铬酸钾溶液）除去组成负象的银粒，而保留溴化银组成的图象。再经过曝光、显影和定影之后，就可得到一张与原稿相同的正象，如图4-32所示。

反转片的感光特性介于正片与负片之间，其感光度与负片相同以适应拍摄的需要，但它的反差系数比负片高，以保证翻晒时影象的层次与原稿的一致，一般γ略大于1。其宽容度有所下降，

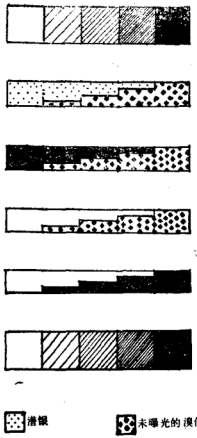


图4-32 反转片显影加工过程示意图

这在曝光时应加以注意，如果曝光过度，大部分溴化银经感光、显影后都还原成银，剩下的溴化银就少，所得的正象就很淡，暗部的层次会受到损失。如果曝光不足，经显影后剩下的溴化银过多，所得的正象就太黑。曝光量只要有一级光圈之差，就会使所得的正象产生很大的差别。

7.复印用相纸：复印纸是直接反转线条稿用的正色片型纸张。在照相制版中特别用来制作拼版图。通过照相加网或拷贝都可获得与原稿相同的阳图翻阳图的图象。

这种相纸的纸基涂布聚乙烯，因此与胶片一样具有较高的尺寸稳定性，而且聚乙烯涂层可以减小相纸的卷曲程度。

复印纸与一般的照相制版工作相比，可以加快制作周期，减轻劳动量。它少了一个照相加网的步骤，只需将复印相纸直接对原稿排摄即可制得阳图。

复印相纸很容易剥离进行拼版，因此在报纸照相制版中，用高反差胶片拍摄两次，再用快速相纸晒一次的工作量，使用复印相纸只要一次就可以完成，复印的质量也较高。但复印的图文是横向翻转的，因此制版照相机上最好加上棱镜或反射镜。

这种复印相纸还可以复制透射原稿、反射原稿，还可制作空心文字。

8.**可剥离感光材料**：可剥离感光材料与其它感光材料的不同之处在于在片基和乳剂层之间的粘着层，应使乳剂层可从片基上很容易剥离下来（图4-33）。这种剥离过程使得图象可以横向翻转，在最后的复制品上获得正向阅读的图文。通过剥离，可以制得复合的图象，或在版中插入要加的成分。

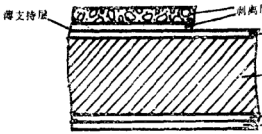


图4-33 可剥离胶片结构示意图

剥膜材料有几种：一种是正色型的透明剥膜材料；一种是全色型剥膜材料，片基透明，适用于直接分色和彩色原稿的复制。

剥膜材料与普通软片相比，多了一层粘合层，此层在水中浸软后可使图象承载层剥离，这一层非常薄的承载层需作为感光层剥离后的支持体，也作为乳剂的保护层，要求这一层须坚韧而薄，不致降低图文的清晰度。

剥膜软片显影后须正确坚膜，使复杂的粘贴操作变得容易一些，不正确的坚膜会使剥膜困难而使边缘卷曲。如果相对湿度很高，或者水洗的温度增高，剥膜容易出问题，因此在夏天，定影液中加入坚膜剂有助于剥膜顺利进行。当然，坚膜剂也不要加得过多，否则会使剥膜层不易铺平。

9.照相排字用感光材料：照相排字机根据自动化程度的不同，可分为手动照排机（第一代）、由光学系统与电子器件组合的电子照相排字机（第二代）、在阴极射线管的荧光屏上显示文字后进行拍照的电子照相排字机（第三代），以及用激光作光源的激光照相排字机。这些照相排字机的光源各不相同，但发光时间都比较短，如闪光灯和阴极射线管的发光时间只有 10^{-8} 秒左右，光量也受到控制，因此对照排机用的感光材料的要求是具有高感光性能。照排机拍摄的多为文字，因此需要感光材料具有高反差系数，能清晰地再现文字的细小笔锋，减少晕影和虚字。照

相排字用感光材料根据片基的不同可分为照排用软片和照排用相纸两大类。

国内普遍使用的是手动照排机，感光材料对感光度的要求不很高，用一般的网线感光材料就行了，如南方牌 SO 软片以及专为照相排字生产的软片。照排用相纸除专门生产的型号外，还可用三号或四号放大纸代替，当然也要用硬调显影液配合使用以求得高反差的图文。

用于第二、三代照排机的照排用相纸为防止虚字可采用染料使乳剂层着色。在现代的排字机上，多让照排相纸在自动显影机里进行显影，因此照排用相纸的纸基是防水纸，有的还涂布了聚乙烯薄层。有的照排用相纸内掺入了显影液的主要成分，用碱液显影，再用硫代氰酸盐使其稳定代替定影，省去了水洗步骤。

10.传真用感光材料：传真指在一个地方通过电传的方式将编辑好的版面传送到另一地方进行制版，在两地同时印刷。传真系统将黑白图象转变为电信号传送出去，接收的地方将电信号转变为光信号对卷附在滚筒上的软片曝光，因此这种软片的要求与扫描片一样，需要在极短时间里(10^{-4}～10^{-6}秒)曝光，而且软片必须重现黑白图象，图象密度在 3.0 以上，因此软片也需是硬调的，并具有高分辨力，非线图部分对紫外线的吸收要少。这种软片也采用自动显影机显影，能在较短的时间里加工出来，这就需加大乳剂中卤化银和明胶之比。

由于传真片曝光时间极短，为防止高照度倒易率失效，掺入微量的第八族金属盐（铱盐等），并选择相应的感光染料以抑制因高照度倒易率失效而引起感光度下降和反差系数降低的现象。

这一类软片采用涤纶片基，在两边分别涂上 4 ～ 6μm 厚的乳剂层和防光晕层。

由于传真机记录光源有辉光管、氦-氖激光和氩离子激光等几种，这一类软片也使用不同的乳剂，使其感光度和感色性有所不同。

用辉光管作光源的，因光源亮度低，感光度要求较高，因此

使用颗粒较大的碘溴化银乳剂。辉光管发出500 nm以下的蓝光和750 nm以上的红光，因此软片是全色片，一般是能在黄色安全灯下操作的全色片品种。

因氦-氖激光为波长632.8nm的强单色光，乳剂必须具有感红光的能力。感光度低以适应输出功率大的激光光源，其乳剂为颗粒小的碘溴化银乳剂，颗粒细，影像质量好。其采用不感绿的感光染料，保护层和乳剂层也加入吸收绿光的染料（显影时可除去），使其可在较亮的绿安全灯下工作。

11.自成网点软片：自成网点软片在乳剂制备过程中，已制成133线/英寸或其它线数的网点，因此可以不使用网屏就能进行半色调复制。其原理是软片上只有网点有曝光作用，受光后，由网点中心逐渐向四周发展，根据原稿阶调不同，网点受到的光强也不同，形成网点的面积也不同，曝光显影后，就形成半色调阴图底片。层次细微丰富，网点结构也比较端正。这种软片现以美国柯达公司制造的Kodak Auto-screen Film型为代表，网线为133线/英寸，感光度为ASA制4。

三、晒版用感光材料

1.亮室胶片：拼版和修版等工序一般都在亮室内操作，过去曝光和胶片的冲洗都在暗室中进行，否则胶片的高感光度会使胶片在亮室中曝光报废。近年来出现的亮室胶片可在拼版车间的亮室中进行，可以有效地利用视觉控制，提高产品质量，减少返工率，操作工人可以有良好的工作环境。

亮室胶片的感光度很低，能在340～400nm的紫外线的作用下进行增感，因此该感光材料不感室内自然光，而可用碳弧灯、高压水银灯、脉冲氙灯、紫外线荧光管、金属卤素灯作光源进行拷贝工作。

这类感光材料有几类：

①重氮型感光材料（图4-34）：这类重氮软片是以芳基重氮盐做为感光剂，未曝光的芳基重氮盐通过与苯酚或芳基胺之类的

偶合剂作用，产生偶氮染料。重氮胶片是在透明片基上涂布胶粘剂、重氮盐、酸性稳定剂，有的还涂有颜料偶合剂而成，涂有偶合剂的称为双组分重氮胶片，用氨气显影(也叫干式显影)，没有涂布偶合剂的单组分重氮胶片通过碱显影液提供偶合剂，因此导致扩散，降低图象边缘的清晰度，其分辨率就不如双组分型的重氮胶片高。但是，氨气显影时能完全脱色的防光晕层迄今尚未研制出来，使该类型的胶片在印刷业的使用也受到一定限制。

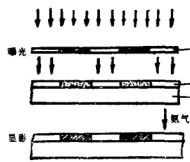


图4-34　重氮型亮室胶片示意图

微泡胶片也是重氮盐类的感光材料，微泡胶片的感光剂是含有某种重氮盐的热塑性胶粘剂，在光的作用下分解出氮来，曝光后进行热处理而使胶片产生微泡的图象，这种微泡图象是光散射性的而不是光吸收性的，采用单向光投影时，显出高的光密度来。

②光聚物拷贝软片（图4-35）：这是在聚酯片基上涂有光聚物与黑色颜料混合而成的感光层的感光材料，并在其上覆有一层糙面的保护层，以防图象遭受机械损伤。感光材料可在弱黄光的亮室内显影，用弱碱液进行预显影，用喷射方法冲去未曝光部分的感光层，烘干后即得一凸出的负像。这类材料以美国杜邦公司的Crona-Lite为代表。

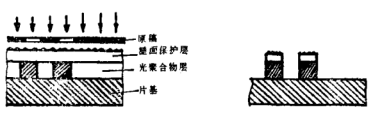


图4-35　光聚合物拷贝胶片

③光剥离式和光粘合式胶片：利用光能在图象曝光的同时能使两个涂层之间的粘合力有所增减的一类感光材料，用这种复制

材料在曝光和显影后即可进行剥膜和拼版。如美国杜邦公司的Crolux软片（图4-36）是光增加粘力型的感光材料，在聚酯片基上涂有约8μm厚的含有黑色颜料的光聚物涂层，其上再覆上一层25μm厚的聚酯覆盖膜。制作时，未曝光的感光层先与粗糙表面的片基结合，再与覆盖膜粘合。在曝光后剥离受光部分的涂层时，由于光聚合物涂层对片基的粘合力在曝光前大于对覆盖膜的粘合力，未曝光部位的涂层仍粘附在片基上，而曝光时，光聚物层与覆盖膜的粘合力增大，受光的部位在剥离时粘附在覆盖膜上而得到直接阳图复制片，但图象是反的。

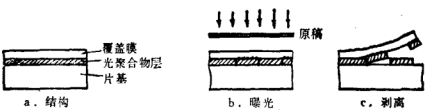


图4-36　光粘合式亮室胶片

曝光后降低两个涂层之间的粘合力的感光材料，如日本木本公司的Exdar胶片（图4-37）。它在普通聚酯片基上蒸镀一层铝层，其上再涂布含聚合粘结料和重氮盐或芳基叠氮化合物，经胶粘层与聚酯覆盖膜结合，铝层与叠氮化合物的粘合力在曝光前大于铝层与片基的粘合力，曝光时叠氮化合物释放出氮气，使该层与铝层的粘合力消失，如果此感光材料加热到80℃，这一效果更为突出，这样，曝光后剥离时，受光部位的铝膜粘附在片基上。

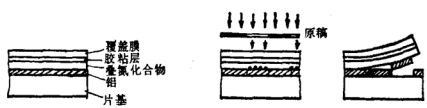


图4-37　光剥离式亮室胶片

④金属光致抗蚀膜型胶片(图4-38)：这是用在聚酯片基上真

空蒸镀的金属膜作为成象层，用光致增溶或光聚合物质作为抗蚀层提供一定的感光度，曝光后其溶解性产生变化，经显影可除去，不带抗蚀膜的金属层被腐蚀掉就形成图文。Rapilux 型胶片是在厚为100μm的聚酯片基上蒸镀厚为150nm的铋膜，其上的抗蚀膜厚为1.5～2.0μm。选用铋进行蒸镀是考虑到铋的熔点较低，蒸镀后经控制可得黑色的表面而不是镜状表面，镀层易被酸液腐蚀，且无毒。

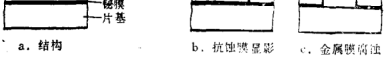


图4-38　金属光致抗蚀膜胶片

阳图型的光致抗蚀膜是以苯醌二叠氮的衍生物作为感光剂，以间甲酚甲醛树酯为交联剂。曝光后抗蚀膜具有碱溶性。抗蚀膜的感光度及其显影宽容度主要由酚醛树脂在苯醌二叠氮内的含量和涂层的厚度所决定。

阴图型光致抗蚀膜的主要成分有碱溶性交联剂、多功能单体和作为光敏剂的肟酯。感色性最强的为波长为300nm的光，加入二烃基氨基二苯甲酮的衍生物后，感色波长范围可展宽，如果能与水银灯的光谱特性相适应，则感光度可与阳图型光致抗蚀膜的感光度相当。

⑤卤化银亮室胶片（图4-39）：其涂层结构与普通制版胶片相似。片基的尺寸稳定性较好，根据片基厚度的不同用途也不同，供反面拷贝用的片基厚度为0.05mm，供一般用途的为0.10mm，供要求尺寸稳定性好的复制用的为0.17mm。片基上涂布的感光层是氯化银或氯、溴化银乳剂涂层，为减少内光散射，涂层要薄，薄涂层可加快显影速度，背面的防光晕层和正面的保护层的表面都是毛面，以防止在真空拷贝



图4-39　卤化银亮室胶片

架内拷贝时出现牛顿环。感光层的氯化银感受波长在420nm以下的光，而室光的波长一般在400～700nm之间，为了防止感光乳剂感受室内短波光的影响，乳剂内加入可以吸收波长为400～500nm的光线的滤光染料，这种滤光染料可被紫外线透过。这种胶片有较大的曝光宽容度和显影宽容度，并可按照现有的操作过程进行显影。

2.平版：平版印刷的版材主要为锌和铝，版材经过清除版面氧化层、增大版材表面比表面积的处理（如研磨、腐蚀、电解、电镀和阳极氧化等）之后，可用几种方法在版面上建立图文。以在版材上涂布的感光材料区分有重铬酸胶蛋白感光层、重铬酸胶树胶感光层、重铬酸胶聚乙烯醇感光层等等，还有预涂感光版。

①以重铬酸蛋白胶为感光液的又称蛋白版（图4-40），它是用阴图制版的，将阴图底片放在重铬酸蛋白胶锌版上，在晒版机上晒版，感光层受光部分硬化，未受光的部分溶于水，露出金属。而受光的部分不溶于水，并具有亲油的功能，从而形成图文。它的优点是操作简单、成本低廉、容易制版，但由于是以蛋白的硬化膜作为印刷图文的基础的，制出的版上的点、线不光洁，图文吸墨量少，耐印力低。

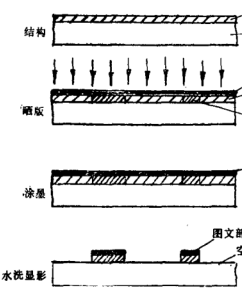


图4-40　蛋白版制版原理

②重铬酸树胶版和重铬酸聚乙烯醇版的制作工艺与蛋白版略有些不同，它的图文部位是下凹的，低于印版表面5～8μm，又称平凹版。平凹版的制版原理如图4-41所示。它是利用阳图制版的。将配制好的感光液涂布在锌版或铝版上，经烘版后与阳图

一起晒版，利用显影液将未受光的胶层清除掉，使金属裸露出来，用酸和盐的混合溶液对裸露的金属进行腐蚀，使图文部位的金属稍微下凹，用水冲净残存的腐蚀液。干燥后对非图文部位的脱胶白点用树胶或聚乙烯醇液描上，以免其亲墨。待描胶液干后，在版面上涂布基漆，增强版面对油墨的吸附能力及抗酸性。待基漆层干燥之后，即可涂上一层抗酸油墨，保护基漆膜在除膜时不受酸的侵蚀和毛刷的摩擦。最后将版浸入水中，用毛刷刷去，空白部位的硬化胶层裸露出金属表面。经整面、擦胶，保护空白部分的版面，提高其亲水性能，版就制成了。用这种工艺方法制版，工艺过程比较复杂，但图文部分和空白部位基础比较稳定，有较高的耐印力；又由于采用阳图制版，线画部位经过腐蚀下凹，其点、线比较光洁，印刷产品的质量较好，且版上的下凹部位为图文基础，其上吸附的油墨量较厚，印品的墨色饱满。

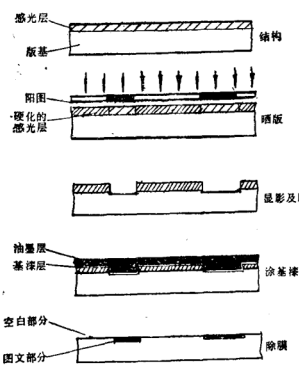


图4-41　平凹版制版原理

多层金属版平版的制版原理与平凹版相同，也采用重铬酸树

胶作感光液或用重铬酸聚乙烯醇作感光液，但在工艺操作上略有不同，不属本节叙述范围。

③预涂感光版（PS版）（图4-42），预涂感光版，简称PS版，是在版材上涂布重氮盐感光剂后经干燥、避光包装以备使用的平印版材。其保存期为数月至一年，版材有经表面处理的铝版，三醋酸纤维素酯片基和纸基印版，因版材和版材表面处理不同，耐印力也不同。PS版一般只用一次，但近来已解决PS版再生的问题。

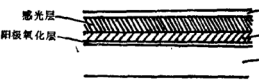


图4-42 预涂感光版结构示意图

PS版可分为两大类：用阳图原稿翻制出阳图印版的阳图型，用阴图原稿制得阳图印版的阴图型PS版。根据版基表面处理的不同，产品也有不同的种类，如铝版基可进行磨版、阳极氧化处理、及用化学药品处理等方法进行表面处理。版基分有砂目和无砂目两种，无砂目型的感光层较薄，印刷中用水量较少，而细砂目铝板上涂布的感光层较厚，显影后不仅未受光的部位，甚至感光部位也有部分感光剂不起作用，图文因此更牢固，细砂目不仅对图文质量没有损害，还有利于印刷时水分的保存。

PS版的优点很多，其操作简便、成品率高、分辨率好、网点还原性好、耐印力高、亲水性及着墨性好、贮存期长、不易受气温、湿度变化的影响，在国外，PS版已普遍用于平版印刷，在有些国家，预涂感光版的使用量已占平版制版的80%。在国内，也已有几个省、市的印刷器材生产厂家、印刷厂和研究所研究、生产并使用了预涂感光版，目前正在逐步普及。

预涂感光版的制版根据型号不同而不同，但大体分为下列几个步骤：通过阴图或阳图对PS版进行曝光，经显影液显影后，非图文区域的铝基版露出，用水洗去显影液及溶于显影液的感光剂，涂上一层胶后就可进行印刷。

3.凸版用感光材料：①金属腐蚀凸版：早期的腐蚀凸版是用

明胶和重铬酸盐混合作为感光层的，重铬酸胶曝光显影后，还须在250～350℃的温度下进行烤版，才能获得坚硬的抗蚀层，在这样高的温度下，金属版基的晶体结构会发生变化。重铬酸铵与虫胶混合的感光涂层用乙醇显影可以不必进行烤版，但操作很繁复，一般不用此法。

用聚乙烯醇和重铬酸铵混合的感光液，经显影后做铬坚膜处理后，烤版的温度可降到150～200℃，这样就能用锌来制作凸版版基。这种方法因铬会使环境造成污染而受到限制。

用叠氮基化合物作感光液，经紫外线照射后分解，生成氮气以及活性中间体，这些中间体能和热塑性酚醛树脂一类可溶于碱的树脂反应后变成耐酸性的抗蚀层；如把叠氮基茋和热塑性酚醛树脂在有机溶剂中溶解后，可在锌镁板上进行多层涂布，用阴图进行曝光后经碱性水溶液冲洗显影，不须干燥即可进行显影。

在聚乙烯醇肉桂酸酯中掺进光敏剂后，遇光可产生交联，曝光部分成为不溶性的，用这种感光剂可在锌镁板上涂布，就可制成照相凸版PS版。

用液体的不饱和聚酯做为感光剂制成感光性树脂版是二十世纪五十年代开始的新型凸版版材，不饱合聚酯是由脂肪族或芳香族的饱和或不饱和的二元或多元酸，与二元或多元醇经缩聚反应制得的。不饱合聚酯加入交联剂、光敏剂（或称增感剂）、稳定剂和其它助剂就可制成感光剂，将其涂布到片基上制出平整的感光层，经阴图曝光后，用碱液除去未硬化的树脂，就得到凸出的图文。液体感光树脂版的感光层是液体状态，不能用阴图接触拷贝，所以分辨率差，只能制作网线线数在100线/英寸以下的网线版。

为了解决这个缺点，采用醇溶性尼龙和易于尼龙溶合的二丙烯酰胺和丙烯酸酯类作为感光剂制成固体感光层，但显影时须用醇，经过改进，现已使用水溶性尼龙制成感光树脂版，能用偏酸性的水进行冲洗显影。固体感光树脂凸版还有其它类型的，如使用可溶于碱的醋酸纤维琥珀酸酯里加入乙二醇二甲基丙烯酸酯干

体作为感光剂的，有使用羟乙基丙烯酸酯和聚乙烯醇作为感光剂的。固体感光树脂版的构造如图4-43所示。图中版基一般为钢板、铝板和塑料板。



图4-43 感光性树脂版的构造

胶粘层是使版基与感光性树脂层牢固地连结在一起的涂层，同时还起到防光晕层的作用。感光层厚度约为0.1～0.2 mm，是经过多层涂覆而成的。最上一层是表面薄膜，曝光前将该层剥离，将阴图片紧贴在树脂版上。固体感光树脂版的分辨率比液体感光树脂版强，一般用于报刊的印刷、表格印刷及在金属上印刷。

②柔性版用感光树脂版：柔性版过去一直使用橡皮凸版，其分辨率低，不适于精度较高的多色印刷。柔性版用感光树脂版就是为达到此目的发展起来的。与凸版用感光性树脂相比，弹性要好一些，而且要有耐溶剂性，因为所用的印刷油墨大都含有有机溶剂。感光性树脂柔性版也有液体版和固体版两种，各有各的特点。感光剂是由主体聚合物、反应聚合引发剂、丙烯酸酯类乙烯单体、热稳定剂以及为改变橡胶硬度而掺入的添加剂。主体聚合物一般采用弹性比较好的合成橡胶体系的树脂，如聚丁二烯、聚异戊间二烯、异戊间二烯-苯乙烯共聚物、聚氨基甲酸酯、乙烯-醋酸乙烯共聚物等。光聚合引发剂一般为有机光聚合引发剂，如安息香（又叫二苯甲醇酮）、二苯甲酮、蒽醌等。丙烯酸酯类乙烯单体有季戊四醇四丙烯酸酯等。热稳定剂主要是使树脂版在贮存时稳定而用，有对苯二酚、对-甲氧基苯酚等。添加剂是一些使橡胶具有适当硬度、抗张强度、尺寸稳定性和耐油性所需的硬段、软段基团，硬段基团是有氢键和π电子相互作用的极性基和苯环，如氨基甲酸乙酯镶嵌聚合的苯乙烯-丁二烯橡胶的聚苯乙烯部分等；而软段基团是加进氨基甲酸酯、聚醚及聚乙二醇或聚丙二醇等。感光性树脂柔性版所用的显影液，主要是采用盐基性碳氢系有机溶剂，如三氯乙烯、乙醇、过氯乙烯等。

感光性树脂柔性版的制版速度快、分辨率高，可在瓦楞纸、纸箱、包装箱等粗糙表面上印刷，以及在其它包装品表面进行印刷。

4.丝网印刷用感光材料：丝网版的制作可以直接在丝网上涂布感光液，也可在绦纶片基上制作感光层，经曝光显影后将得到的抗蚀膜图象过版到丝网上等方法。前者是在聚乙烯醇作用下，醋酸乙烯单体乳化聚合成聚醋酸乙烯粘接在丝网纤维上，能增强抗蚀膜的耐印性能，在聚乙烯醇乳状液中添加重铬酸铵或重氮树脂等感光剂，感光剂遇光分解后和聚乙烯醇生成难溶性的抗蚀膜。

另外还有涂布由明胶、丙烯酰胺单酯、N，N′-双亚甲基丙烯酰胺单酯、柠檬酸铁氨组成的感光液，感光剂中的三价铁离子受光还原变为二价的铁离子，曝光后与过氧化氢发生氢氧聚合，这种聚合使丙烯酰胺和双丙烯酰胺单酯聚合交联。

5.无水平印版用感光性树脂版：无水平印版的图文与凸版相同，是凸出的，但印版是装在胶印机上进行印刷的，又不必使用润版药水，油墨不会产生乳化，印出的图文色泽鲜艳、光泽度好，又有凸版印刷图文清晰的优点。无水印版根据树脂的不同可分为两类：一是在铝板表面涂布与感光树脂凸版相同的感光性树脂而成，一类涂布的是硅树脂抗墨层。硅树脂版可在铝板表面依次涂布重氮感光层、胶粘层和硅树脂抗墨层，用阴图晒版后进行显影，除去感光部分，露出铝版基，这是亲墨的图文部分，而残留的硅树脂层是拒墨的。这类无水平印版以美国3M公司的Driography为代表。另一类是在铝版基上涂布由乙二醇双丙烯酸酯、聚乙烯醇双丙烯酸酯、缩水甘油酸酯等不饱合单体或低聚合物中加入二苯甲酮衍生物、安息香衍生物以及蒽醌衍生物等光引发剂配合而成的感光性胶粘层，然后再涂布上感光性硅树脂层，这是在硅树脂两端引入丙烯酰基，或在侧链引入肉桂酰基或叠氮基作为感光剂。这类感光性树脂无水平印版的非图文部分只有一层，膜面厚度也较薄，因此分辨率高。用阳图晒版后，用有机溶剂显影以除去未感光的硅树脂层，露出铝板表面作为着墨的图文

区域，这类印版以日本东丽公司无水平印版为代表。

6.**预打样用材料**：制版后印刷前，一般都用打样机印出少量印刷品，对图文的层次和色彩的再现程度进行评价。打样是在打样机上用各种颜色的印版进行印刷，不用打样机印刷而得到与打样样张相当的复制品叫预打样，它是用分色阴图或阳图通过感光树脂和电子照相做成相当于青、品红、黄、黑等色的彩色版，在一张台纸上依次转印重合复制出彩色图象来。方法有遮盖式和色层叠合式。

遮盖式是在透明薄膜片基上做出与各颜色相对应的阳图图象，在白色台纸上重叠后就完成了打样。这类感光材料是在聚酯片基涂覆感光层和颜料层，用分色加网阳图做紫外线曝光，用显影液显影使曝光部位溶解而获得阳图图象。

色层叠合方式是在一张台纸上，通过曝光使溶解度或粘性发生变化的感光性树脂形成与各色对应的着色图象。感光剂溶解度发生变化的材料是将涂布在薄膜片基上的感光层湿润过版到台纸上，通过阴图用紫外线曝光，然后在过氧化氢的作用下，感光剂聚合而不溶于水。这类预打样材料以比利时Agfa-Gevaert公司的Gevaproof材料为代表。感光剂粘性发生变化的是光聚合型感光材料，涂布在片基上的感光层转移到台纸上后，用紫外线通过加网阳图进行曝光，曝光后感光剂聚合后丧失原有的粘性，剥离覆盖膜后用专用颜料进行着色，颜料附着在非曝光部位，形成图象，几种颜色都按此法操作重叠到一起就形成了彩色样张。这种预打样材料以联邦德国Polychrome公司的Chromaproof材料为代表。

第六节　感光材料的测定

一、感　光　仪

为了了解某种感光材料的感光性能，我们可以取一样片进行测定，测定的方法很多，说明的指标也不同。为了绘出感光特性

曲线，我们可选取一样品进行曝光，得到不同曝光量所对应的密度值，通过感光仪能够得到各种不同的曝光量。

曝光量的定义是：物体表面在一定时间内受到的照度，它等于感光材料上所受到的照度与曝光时间的乘积，即

$$H = Et,$$

式中：H——曝光量，单位为 lx·s；

E——照度，单位为 lx，它与光源的强度（单位为坎德拉）成正比，而与距离（单位为 m）的平方成反比，即

$$E = \frac{\text{光源强度}}{\text{距离}^2},$$

t——时间，单位为s。

从曝光量的定义可知，改变曝光时间或改变曝光照度（即改变光源的发光强度、距离）都能改变曝光量的大小，因此，感光仪就可设计成调时式（变换曝光时间）和调光式(变换曝光照度）两种形式。

调时式感光仪的结构是在标准光源和样片之间装一圆盘，圆盘上开有一系列长短不同的缺口，每一缺口的长度都为一精确的值。仙纳感光仪（图4-44）共有20个缺口，每一缺口的长度都为上一缺口长度的1.26倍。让圆盘以匀速旋转（如每分钟400～800转）。由于缺口的长度不同，通过圆盘照射到感光材料上的光线照射时间的长短也不同，从而使感光材料的不同部位获得一系列成几何级数增加的曝光量。

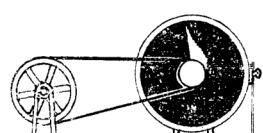


图4-44 仙纳感光仪

调时式感光仪的缺点是感光仪所用的光源的色温过低，测定的条件与实际照相条件的差别很大，况且其曝光时间过长，尤其不适于测定高感光材料。现已很少使用。

调光式感光仪的基本原理是在标准光源和试验样片之间放置一光楔，也称标准光楔，曝光时间是不变的，利用落帘式快门，使光线透过光楔投射到试验样片上，从而获得不同的曝光量。此种感光仪的测试条件接近实际的摄影条件，易得到正确的曝光数据。这类曝光仪的型号有国产的CG-125型，国外的型号有JIS-Ⅱ型(日本)、Jogce-2L型（英国和比利时）、德发9031型(民主德国)和ΦCP-4型(苏联）等几种。感光仪所用的光楔也叫级谱，是一片涂有石墨或银微粒的玻璃板，光楔的各部分具有不同的透光率，透光率从这一端最高到另一端最低，其间是逐级递减。光楔的级数常用的有21级、30级，每一级内的密度是均匀一致的，而相邻两级之间的密度差是固定的，根据级数的不同其差值也不同，约在0.10～0.30之间，如21级标准光楔的级间密度值之差为0.15，30级标准光楔的级间密度差为0.10，这类光楔是阶梯光楔。密度值随长度变化而平滑递增的光楔为劈式光楔。

定制感光仪（图4-45）的阶梯光楔的密度差为0.10，则试验样片所接受的曝光量的对数逐级增加0.1，各级都标有数字，各等于其密度值的10倍，整个光楔分30级，采用色温为5400 K（相当于正午日光色温）的国际标准光源。光源对光楔的照度在不加滤色镜时为125 lx，曝光时间为1/50 s（照度为90 lx时，曝光

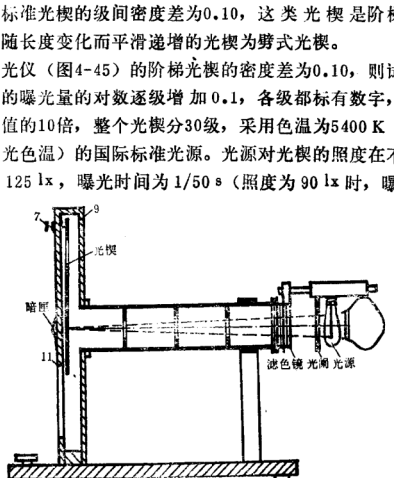


图4-45　定制感光仪

时间为 1/20s）。

印刷业可以采用拷贝方法来进行感光测定，这种测试方法也是调时式的方法。表面的照度通常固定在 5 lx，光源为普通的100W白炽灯泡，用稳压器稳定光源的电压。在光孔处加磨砂玻璃，将照度表放在拷贝机表面的位置，改变光孔的大小和光源的距离来调节照度，或用加灰梯尺的方法来调整照度的大小。另外，准备两张 10～15 级的软片灰梯尺，一张供测定用，一张供校正密度计用，其密度范围在0.2～2.5左右。将原梯尺和被测样片放在一起，经曝光和显影加工可获得试片光楔。这种测试方法很简陋，如它没有考虑到光源的色温等，但在印刷制版业中，却是简便易行。

二、密度计

计量彩色或黑白图象的透射密度或反射密度的仪器叫作密度计，密度计的类型很多，有透射、反射、透射反射两用密度计三种。透射密度计是用来测定投射光和透射光的比值的。因为密度 D 可用下式计算：

$$D = \lg \frac{F_0}{F},$$

式中：F_0——入射光的光通量；

F——透射光的光通量。

由于光线照到密度为 D 的材料上时，它不只是吸收和透射，而且有一部分光是向四面八方散射的，因此在离材料较远的地方测得的透射光量是比较少的，因此测量方法不同，所测得的密度值也不同，我们可将其分为三类：测量垂直入射光和所有透射光而求得的是漫射密度，测量垂直入射光和垂直透射光所得的是单向密度，测量所有入射漫射光和所有透射漫射光所得的是双重漫射密度。在感光测定中，一般是测定漫射密度。

测定漫射密度的方法很多，但都必须满足平行光入射以及漫射透射光被全部吸收的条件。一般要求入射光半锥角应小于10°，

而将被测样片与乳白材料（如乳白玻璃）紧密贴合来保证漫射光被充分吸收。

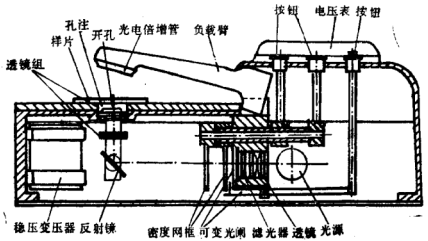
测量透射密度的原始方法是比较两条光束，一条光束射过要测定的未知密度，另一条光束射过刻有标度的光楔，当光度测定的视场平衡时，被测定的密度即等于已知光楔的密度。这是可变光强的密度计的原理。

应用光楔来平衡两束光线，在较低密度的测定时，就很难平衡，因此有些密度计采用一个固定光强的、平衡的光度测定视场与另一个先通过未知密度、再通过测定用光楔的视场进行比较，这种固定光强的密度计，眼睛就不需要连续地适应不同的光强。

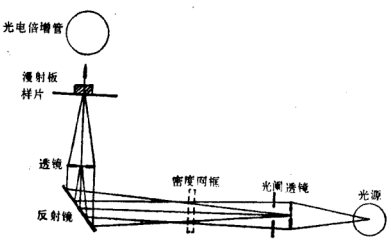
不用眼睛去平衡两束光束，而用光电池平衡的称光电密度计，其密度读数是由按密度单位分度的微安培计上读出的，或用数码管直接显示。简单而适用的是直读式光电密度计，其构造如图4-46a所示。它是利用光电池感受透射过样片的光量，将其转化为电流，经对数放大器放大后变成与密度值成比例的直流电压，精密电压表的指针根据产生的电压大小发生一定的偏移，在表盘刻度上表示出感光材料的密度值来（见图4-46b）。密度值又可通过数字来显示。

光源由稳压变压器供电，光束通过聚光透镜、绝热玻璃滤光器、可变光阑和两个密度网框，光路在反射镜偏转、通过透镜组聚焦在孔径中。光线通过开孔，再透射过样片照在光电倍增管上，光电倍增管安装在可动的负载臂的尾端，所产生的电流直接输入到微电压表中，微电压表上的刻度是按光学密度的单位分度的，从刻度表上可直接读出被测样片的密度值。两个密度网框受两个按钮控制，可变光阑有按钮控制。

反射密度的测量实际上测的是扩散反射密度值，测量时反射光量不仅受色调密度的影响，而且还与测量表面的反射性质有关。测量时选择的视角必须能避免单向反射，因此测量时投射光以45°角射于反射稿样片的表面上，而从90°角的位置上测定反射光。以入射光I_0与反射光I_R的比值之对数$\lg I_0/I_R$作为反射密



(a)



(b)

图4-46 直读式光电密度计

度值 D_R，入射光 I_0 在测量时用同样表面上一块白色区域反射出来的光强度所替代，以消除反射表面的反射性质之影响。

反射密度计采用玻璃纤维光导技术。反射密度测量头受光时的半锥角应小于5°，同时对入射光有一定要求，入射光的方位角与试样表面应成360°，与垂直方向的仰角为40～50°，这样的光强分布比较均匀，并避免镜面反射成分。入射光度的测量是用标准反射板氧化镁代替试样的。为消除样品表面性能的影响，可采用双向受光。另外，入射光的色温应在3000±100K之内。

有些密度计可进行透射密度测量，也可进行反射密度测量，这可由功能转换开关控制，有些则是与另外的反射密度测量装置相连接的。

彩色图象的密度测量指标也有几种：

1.色度密度：用标准观测员（一般是标准的国际照明技术委员会的观测员）的分色度反应曲线来表示影象的透射比。

2.三原色滤色片密度：让透射光通过红、绿和蓝滤色片，测量光电池对透射光的反应。

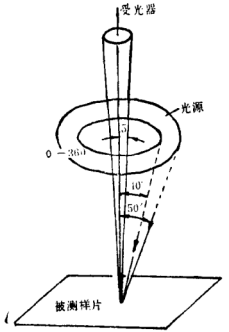


图4-47 扩散反射密度测量示意图

3.光谱密度：在整个有意义的光谱范围内的一系列窄波带里测量透明度。

另外，有一种测量网点面积的密度计，用四位数字直接显示出网点百分比，测量直径为3mm，并有预设边缘修补转换装置，因此可测量虚的或实的网点点型。

有些密度计还能与模拟数字转换器或数据穿孔机配合使用，可利用电子计算机进行密度的分析。有的可以对试片自动进行扫描，然后在荧光屏上显示出测试结果，与数据处理机连接，可打印出测试结果。

三、特性曲线的制作

感光材料的特性曲线的作用已如前所述，这里只介绍特性曲线的制作方法。

把感光材料裁成实验样片，在感光仪上曝光，使样片获得不同的曝光量，曝光量以几何级数逐级递增（即相邻两级的曝光量对数值之差为定值）。根据感光仪所给定的光源强度、试片和光

源间的距离、标准光楔各级间的密度值、滤色片的透光率、曝光时间等条件，可计算出试片上各级的实际曝光量来。曝光后的试片还要经过显影、定影、水洗、干燥等一系列显影加工过程。由于显影加工条件对感光材料的照相性能会产生很大的影响，因此，只有严格按照规定的条件显影加工，才能获得标准的感光测定结果。感光测定对不同的感光材料规定了标准的显影液配方、标准显影时间、标准显影温度以及药液的搅拌速度。

经过显影加工之后的样片叫光楔片。用密度计测量光楔片的各级密度值，与原梯尺的密度值进行比较。这样就可以绘制特性曲线了。绘制时先建立直角坐标系，以纵坐标为密度值，横坐标为曝光量的对数，按试片光楔的各级密度值及其对应的曝光量的对数值在图上绘出相应的点来，将点用光滑的曲线连接起来，得到一条S形曲线，这就是要绘制的特性曲线。

从绘制的感光曲线上可以计算出该感光材料的一些技术指标，如反差系数 γ、宽容度 L、有效宽度 L′等。

四、感光性树脂感光度的测定

感光性树脂的测定方法很多，比较常用的有明斯克法和吉永残膜率法，其它的方法还有绝对曝光能量法、感光仪测定法、显微镜干涉仪法等。现介绍前两种：

1.明斯克法：此法是明斯克等人测定聚乙烯醇肉桂酸酯感光度采用的方法，故有此名。

为了要获得感光性树脂在光照后转变为不溶性（或可溶性）树脂所需的曝光量大小的精确数值，此法在光源和感光性树脂涂层之间放置一组光学密度各不相同的滤光器。由于滤光器的透射率（T）为入射光强度和透射光的强度之比，即

$$T = E_{透}/E_{入}.$$

透射率倒数的对数即为光学密度（D），即

$$D = \lg\left(\frac{1}{T}\right).$$

光学密度可用密度计直接测量出来。这样就可获得感光性树脂涂层在滤光器之后所获得的曝光量：

$$H = \frac{T}{Et} = \frac{1}{Et \cdot \text{antilg}D},$$

式中：E——光源的照度，可用光度计测出，单位为 lx；

t——曝光时间，单位为 s；

T——透射率；

D——光学密度值。

通过滤光器使感光树脂版得到不同的密度，从图象中找出最适宜的曝光量来，根据下式来计算出感光性树脂的感光度来：

$$S = \frac{K}{Et} \text{antilg}D,$$

式中K为系数。根据感光性树脂的不同，试验方法的不同，此系数也不同。

这个实验是遵守倒易率的，也就是无论在高照度短时间的条件还是在低照度长时间条件下进行曝光，都能获得相同的感光度。

用未增感的聚乙烯醇肉桂酸酯作为测试标准物质来测量其它感光性树脂感光度。聚乙烯醇肉桂酸酯感光度的测定可以这样进行，称取聚乙烯醇肉桂酸酯 1 g，溶于 10ml 氯苯中，用三倍体积的甲苯稀释，用离心涂布法涂布在经处理过的铝版基上，在50℃的温度下干燥，制得待测版样。然后，把级与级之间的密度差为0.15的灰梯尺平放在版样涂层上（药膜面对药膜面），进行适当曝光，并用丁酮显影，为使显影充分，显影以后再用新鲜的丁酮冲洗一次，在50℃的温度下干燥，用甲醇揩擦版样以除去油性物质，擦保护胶后即可提墨。制得的图象找出最适宜的曝光量，用这样的方法测得的未增感的聚乙烯醇肉桂酸酯的感光度为 2.2×10^{-8}（米·烛光·秒）$^{-1}$，这样可令$K=10^8$，则感光度为 2.2（米·烛光·秒）$^{-1}$。用同样的方法测得被测样品的密度为D_x，则被测物质的感光度为：

$$S_x = K \cdot \frac{1}{Et} \cdot \text{antilg} D_x$$

$$= S_c \cdot \frac{\text{antilg} D_x}{\text{antilg} D_c}$$

$$= \text{antilg}(\lg S_c + D_x - D_c),$$

式中S_c为标准物质的感光度，这里为未增感的聚乙烯醇肉桂酸酯的感光度，已得 $S_c = 2.2$，则

$$S_x = \text{antilg}(\lg 2.2 + D_x - D_c)$$
$$= \text{antilg}(0.33 + D_x - D_c),$$

式中：S_x——被测样品的感光度；

S_c——未增感的聚乙烯醇肉桂酸酯的感光度；

D_x——测定样品x时，所用灰梯尺的光学密度值；

D_c——测定聚乙烯醇肉桂酸酯时所用灰梯尺的光学密度值。

此法测定时应注意下列几点：

①此法只适用于薄涂层（微米级）感光性树脂的感光度测定。

②感光性树脂的感光度随光源的波长不同而不同。用不同波长的光测得的不同感光度描点连成的曲线，称为该感光性树脂的感光灵敏度。

③光化反应应排除热的影响，因为感光性树脂在热的作用下也会发生交联与分解等反应。

2.吉永残膜率法：这个方法是测量单位面积感光性树脂涂层在曝光前和曝光显影后的重量比，表示感光性树脂感光度的测试方法：

$$\text{残膜率} = \frac{W}{W_0},$$

式中：W——曝光显影后单位面积感光涂层的重量；

W_0——曝光前该涂层单位面积的重量。

五、感色性的测定

感色性的测定方法比较固定，近年来没有什么根本性的改变。测定方法有两种：光谱法和感色标板法，一般采用光谱法。

光谱法采用的仪器为摄谱仪（图4-48），由光源发出的光线经过光栅分散成完整的光谱，投射到试验样片上，试验样片记录下它对光谱的敏感度，经冲洗加工就得到一张光谱照片，从这张照片我们可以获得感光材料的感色范围。在摄谱仪的隙缝前面加一中性灰色光楔，便能得到不同波长的特性曲线，也称光楔摄谱仪。

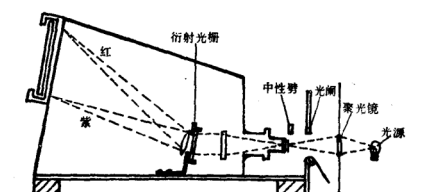


图4-48　摄谱仪原理

感色标板法是由红、黄、绿、蓝四种颜色的色带组成的，每条色带旁有一条由灰到黑的级谱，这条级谱按消色的深浅（明度的级别）注有号码。以其反光率与色带相同的一级标100，并以此数为基础，在每级旁边注明其反光率的数值。用感光材料拍摄感色标板，经显影加工后将样片上的标板影象的色带与旁边的级谱的密度加以比较，级谱中与色带密度相同的那一级所注明的数字即为试验样片的感色性。

六、颗粒性和颗粒度的测定

颗粒性和颗粒度是在主观上和客观上表示乳剂中颗粒不均匀性的两个不同的概念。颗粒性是主观上产生的感光乳剂的卤化银

颗粒不均匀性的感觉，而颗粒度是对这种不均匀性的客观量度。

颗粒性可用目视法和比较法来测定，颗粒性本身就是主观的印象，这两种测试方法也都是依据人的主观反应来评定影象颗粒不均匀性的数值。具体做法是：在相同的条件下拍摄同一景物，并在固定的条件下显影加工，对具有相同密度值的部位按相同的比例放大，然后在正片上确定颗粒的差别。

颗粒度与颗粒性相比，是客观的量度，其测试的方法应是客观的，并能得出与颗粒性量度一致的数值。颗粒度的测量方法很多，目前用得较多的是测定均方根颗粒粒度。

选择均匀曝光和显影的胶片，在密度为1.0的部位，用测微密度计在小范围内进行扫描，读取任意点的密度值 D_1，D_2，D_3，……D_n，用下式进行计算：

$$\text{均方根颗粒度} = 1000 \times \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \cdots + d_n^2}{n}},$$

式中：d_1，d_2，d_3，…，d_n——每次测得的密度值与平均密度的偏差值；

n——测量总次数。

为保证测得数据的精确性，测量的次数n约为1000个读数，故均方根颗粒度值就等于所测得的密度的标准偏差的1000倍。

目前，感光材料的均方根颗粒度的数值约在5～50之间，将其分为几级：

45，50，50以上：　很粗；
33，36，39，42：　粗；
26，28，30：　略粗；
21，22，24：　中等；
16，17，18，19，20：细；
11，12，13，14，15：很细；
6，7，8，9，10：非常细；
5.5以下：　极细。

颗粒度还可用卡利尔Q系数（Callier's Q factor）来测定，

即利用乳剂层漫透射密度和单向透射之比值来说明颗粒度的大小。把在一定条件曝光显影后黑化试验样片分别放置在远离光电计和接近光电计的地方，分别获得正向透射光量使底片形成的密度值D'（又称单向密度）和总透射光量形成的密度值D（又称漫射密度），从而计算出卡利尔Q系数的值来：

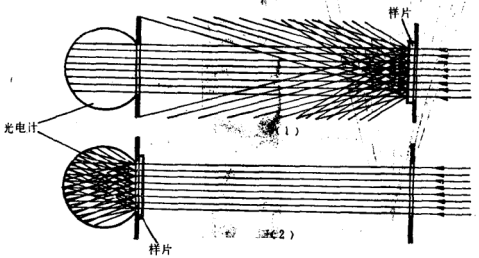


图4·49　单向密度和漫射密度测量方法

$$Q = \frac{D'}{D}.$$

颗粒度K可从Q值获得：

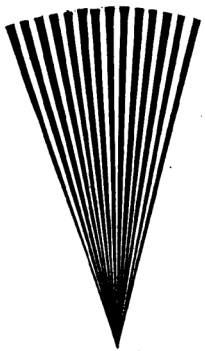
$$K = 100\lg Q = 100\lg\frac{D'}{D}.$$

测量颗粒性和颗粒度的方法很多，但是测得的数据往往出入很大，甚至相互矛盾，至今尚无统一的符合实际需要的测量方法。在已有的测量方法中，调制传递函数法还是比较适用的。

七、分辨率和清晰度的测定

感光材料记录景物细部的能力称为分辨率，以每毫米宽度内能够记录可分辨的平行线对的最大数目来表示。分辨率的测定可以采用分辨率测定仪，在测定仪聚光器后面装有分辨率测定标板，将感光材料与分辨率测定标板接触曝光，样片的感光层就形成

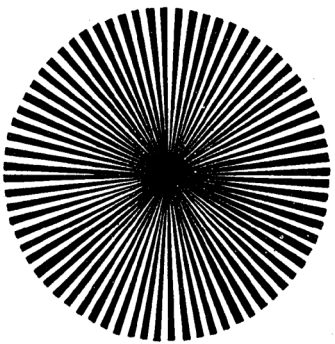
对应的图象，根据形成的图象的分辨能力确定该材料的分辨率。



(a) 扇形标板



(b) 平行线型标板（局部）



(c) 显影样板



(d) 标号型标板（局部）

图4-50 分辨率测定标板

分辨率测定标板的类型很多，为了测得分辨率的数值，标板都是用明暗的线组成的图案，其明线和暗线的宽度大多是相等的，但线条宽度本身是变化的，形成每毫米宽度内的线对条数各不相同。但是，标板上线条的宽度和线条间距的比例、线条长度与宽度的比例、每组平行线的数目以及标板的反差等因素对测得的分辨率数值有很大的影响。下面介绍几种分辨率测定标板的图案(图4-50)。

星形标板由明暗线条各72条组成扇形图案，每一对明暗扇形所对应的中心夹角为5°。扇形标板可看成是星形标板的一部分，因此原理也和星形标板相同。平行线型标板由若干组平行线组成，每组三条宽度相等的平行线线与线之间的距离与线的宽度相等，相邻一组平行线宽度之差为每毫米5线或10线。标号型标板分若干个单元，每一单位内部都有四组平行线，相邻两组平行线的夹角为45°，相对两组平行线的夹角为90°，每一单元内各组平行线的数目以常数递增形成序列，在每一单元的中心用数字标注出平行线的数目。

清晰度的测定可以从测定过渡区间密度变化的速率和过渡区间的长短出发。方法是在测微光度计上，用相同的测试条件沿着垂直于黑白交界线的方向每隔一定距离（如每隔10μm）测量试验样片的密度值。然后将这些数据绘成图（图4-51），图中横坐标为试验样片各测试点在垂直于黑白交界线方向上的位置，纵坐标为测得的密度值，将测得的数据绘于图上，用光滑曲线连接起来，这就是过渡区间密度变化的曲线。清晰度的数值与这些因素

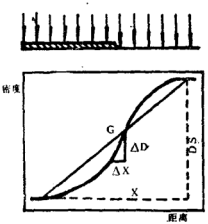


图4-51 清晰度过渡曲线

有关：曲线的最大斜率G_m（在图中，$G_m=\frac{\Delta D}{\Delta x}$），平均斜率$\overline{G}$，边沿处横向距离$x$及其密度差$DS$有关。$G_m$、$\overline{G}$值越大、则

清晰度越佳；而x值越大，清晰度越差。

清晰度的计算比较复杂，而且至今尚无统一的测定和计算方法。近年来，逐渐采用调制传递函数法。

调制传递函数法是信息理论应用于感光科学的成果。因为照相过程实际上就是一个记录、存储和传递光学图象信息的过程，而调制传递函数是用来表示信息通过能力的。

我们将乳剂层看作传递光学图象信息的通道，入射光学影象作为输入信号，照相影象作为输出信号，由光渗造成的光学影象在乳剂层中的细部损失就是信号损失。

我们选取按正弦函数变化照度的光学影象作为输入信号的单元组分，这种单元组分有代表性，这种输入信号所发生的畸变可以代表其它影象所发生的畸变情况，因为任何光学图象都能用傅里叶函数分成频率不同的正弦波形；而且输入信号及输出信号之间的差异易于测量和表达，因为正弦波形的单元组分输入乳剂层后，由于光渗而发生畸变后，输出的信号仍保持为正弦波形，而只是在波形的振幅和平均亮度上发生变化，这种变化是易于测量的。

将光学影象表达成傅里叶级数。由于卤化银颗粒是随机分布的，可认为光漫射是各向同性的，由此照度分布图形的函数是偶函数，展开的傅里叶级数为一余弦级数。

$$E_0(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos\frac{n\pi}{L}x,$$

式中：$E_0(x)$——照度分布图形的函数；

设正弦波形的空间频率为v，则由于周期为$2L$，得$L = \frac{1}{2v}$，

另外，照度分布$E_0(x)$不可能有负值，而是围绕某一平均照度作上下波动，这第n个正弦波形的通式可表示成：

$$E_{0n}(x) = E_m + a_n \cos 2\pi n v x,$$

式中：$E_{on}(x)$——第n个正弦波形的照度分布；

E_m——平均照度；

$a_n\cos 2\pi nvx$——照度的可变分量，其中 a_n 为振幅，nv为频率。

当第n个频率的正弦波形$E_m + a_n\cos 2\pi nvx$输入感光层后，在某点，即一条极细的亮线光源在感光层成象时，它的亮度分布呈横向布开，考虑到这一点邻近的点的亮度都呈横向分布，分布的函数均可用线扩展函数 $F(x)$ 表示，则各个点经光渗畸变后，输出的信号可用下式表示：

$$E(x) = E_m\int_{-\infty}^{+\infty}F(u)du + a_n\cos 2\pi nvx\int_{-\infty}^{+\infty}\cos 2\pi nvuF(u)du。$$

可知输出信号仍为正弦波形，只是振幅及平均照度发生了变化。

在光学上用调制度M表达一个图形的明暗程度：

$$M = \frac{E_{max} - E_{min}}{E_{max} + E_{min}},$$

输入正弦波形的调制度$M_{入}$则为：

$$M_{入} = \frac{E_{max} - E_{min}}{E_{max} + E_{min}} = \frac{2a_n}{2E_m} = \frac{a_n}{E_m},$$

输出正弦波形的调制度 $M_{出}$为：

$$M_{出} = \frac{a_n\int_{-\infty}^{+\infty}\cos 2\pi nvuF(u)du}{E_m\int_{-\infty}^{+\infty}F(u)du},$$

两个信号的差异用它们的调制度比P_n来表示：

$$P_n = \frac{M_{出}}{M_{入}} = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty}\cos 2\pi nvuF(u)du}{\int_{-\infty}^{+\infty}F(u)du},$$

P_n就称为感光层在频率为nv时的调制传递函数，描写P_n随频率nv变化情况的函数 $P_n(nv)$ 称为感光层调制的传递函数，也称频率响应。图4-52为调制传递函数曲线（MTF曲线）。依据这条曲线，就可以对物体在感光层上所成的图象的质量做出评定，因为

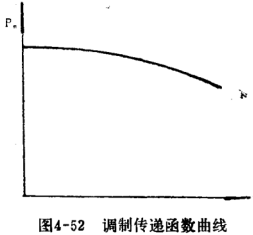


图4-52　调制传递函数曲线

该曲线表示的就是物与象的差异。理想的曲线应是$P_n=1$的，平行于横坐标的直线，畸变越大，曲线偏离平行线的位移也越大。

测定时，光源从正弦波模板的背面照明，通过正弦模板和标准光楔，经过精密缩微照相机镜头使胶片曝光（图4-53），经过显影加工得到样片。然后用显微密度计扫描样片上的影象，得到标准光楔影象的密度数据和各空间频率的峰谷值，再经数据处理，就可得出调制传递函数曲线。

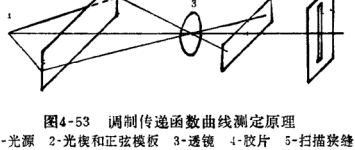


图4-53　调制传递函数曲线测定原理
1-光源　2-光楔和正弦模板　3-透镜　4-胶片　5-扫描狭缝

考虑到镜头本身也有个光学传递函数$P_{镜}$，某一空间频率的调制传递函数为：

$$P(nv)=\frac{M_3}{P_{镜}\cdot M_1}\ ,$$

式中：M_3——感光胶片的输出信号的调制度；

M_1——正弦波模板的调制度；

$P_{镜}$——镜头的调制传递函数，$P_{镜}=M_2/M_1$，M_2为从镜头输出的正弦波形的调制度。

一般用光学函数测定仪测定$P_{镜}$，用显微密度计测定M_1和M_3，从扫描样片开始，到从颗粒噪声中选取各个频率的峰谷值和标准

密度值的采集，有效曝光量的换算，都是通过电子计算机完成的。调制传递函数的结果也由电传打字机直接打出。

第七节　感光材料的贮存及银的回收

一、未曝光的感光材料的贮存

为了确保制版效果的一致性，所有的感光材料都应贮存在不变的条件下，最好贮存在温度为21～24℃、相对湿度为40～50％的条件下。适度的温度和较低的相对湿度比低温度高湿度的环境对感光片的贮存要有利得多。感光片要避免与化学药品在同一间屋子里贮存，也应避免有害气体（如硫化氢、氨、一氧化碳）、X射线和放射性材料，并避免受日光直接照射。

制版用感光材料的包装必须防光、防潮、耐高温季节的相对湿度、耐搬运装卸。但通常感光材料的包装并不足以在高湿度的情况下长期保护感光片，包装材料一般不耐热，因此不要在靠近暖气管或其它热源的地方贮存（最好保证离热源的距离在1 m以上），应避免放于靠近不绝热的建筑物的屋顶和其它可能产生热的地方。放置时最好不要横置，并放在离地面50cm以上（或离楼板20cm以上）、离墙壁30cm以上的地方。

在夏天或在热带地区，对未打开包装的感光材料最好在低温冷冻的情况下贮存，特别是对红外线型感光材料和快速感光材料更应在低温的环境中保存。为了防止这些材料表面遇冷凝水雾化，保存在低温条件下的包装在打开使用之前最好在较温暖的条件下放置24小时，打开包装的感光材料不应在冰箱中贮存，因为高湿度会使打开包装之后的感光材料损坏，因此未用完的感光材料最好按原包装包妥，或存于密闭之盒内。

二、制版后的感光材料的贮存

制版后的感光材料最好贮存在干燥的、无灰尘的地方，并且要与化学药品分开保存，避开有害气体。定影后的感光材料不要

长期贮存在高湿度（相对湿度在60％以上）的地方。阴图软片应贮存在耐用的封套里，标明图文的内容，以便今后使用时查找，封套应不对感光材料起化学作用，封口放于同一侧。感光玻璃板可贮存在原来的包装盒中，最好侧立放置，这样若取出任何一个盒子，都可不必移动其它的盒子就可抽出。

三、银的回收

在感光片显影和定影时，有一部分银盐溶解在定影液中。阴图片定影时进入定影液的含量可达原感光片含银量的25％，阳图片定影时，进入定影液的银量可达80％。在每升废旧定影液中，还含有银 3～7g 。这些定影液中银的回收工作是一项很有意义的工作，银的回收不仅可以节省贵重金属，而且可以防止环境污染。否则这些废旧定影液排入江河中，当含量超过 0.01mg/l，就会使鱼致死。

废旧定影液可用桶收集起来，收集用容器应是玻璃、陶瓷或聚氯乙烯等材料的制品，如果用某些金属容器，就会起置换反应，使银还原在桶壁上而达不到还原的目的。从定影废液提取银的工作是由专门工厂进行的，为了减少运输量和运输中的损失，可以先在印刷厂先进行初步的加工。有几种初步加工废旧定影液的方法，如电解提银法、锌粉提银法、硫化钠提银法、蒸发提银法，其中以电解提银法为最好。

电解提银法是在电解槽中进行的，阴极为不锈钢，阳极为石墨板，通上电流后，金属银沉积在不锈钢阳极上。将澄清的废液排出，将沉淀出的银在空气中或100℃的干燥箱中干燥，然后送往有色金属提炼厂加工。

硫化钠提银法是往废定影液中加入硫化钠使银生成硫化银沉淀的提取方法，硫化钠添加量和银含量相等，添加后要定期搅动，24小时后检查银沉淀情况。如未全部澄清，可重新添加硫化钠进行沉淀，然后排去澄清的水，取出沉淀物干燥。

锌粉提银法是往废旧定影液中加锌粉，使银沉淀来实现的

锌粉的添加量为银含量的两倍，废定影液中加入锌粉后每隔10个小时左右搅拌一次，银就可从溶液中沉淀出来，经一、两天后，取出试液检查溶液中银含量的多少，检查方法可以取5～10ml澄清溶液加入同量的3～5%硫酸钠稀溶液，如无沉淀则表示溶液中的银已全部沉积；如溶液中出现黑色沉淀，则说明溶液中银未沉积尽，需再加入锌粉继续进行提取工作。沉淀的银经干燥后送提炼厂。

蒸发提银法是将定影液置于陶瓷容器中蒸发成干燥的盐，此法适用于定影液用量不多，又无上述设备的制版车间。

作废的感光材料上也有一层含银的乳剂层，回收操作可这样进行：

将废感光胶片放入80～90℃的水槽内洗涤，洗后的液体为淡黄色的胶液，冷却至40～45℃时加入碳酸钠，并不停地搅拌液体，10分钟左右形成由明胶、碳酸钠、银组成的海绵状块，将此物干燥后则可送至金属提炼厂加工。

将废相纸置入盛有1.5%次氯酸钙溶液的木质、水泥或聚氯乙烯容器中洗涤，10分钟后乳剂层可从纸基上脱下，纸基再通过两个盛水容器，除去纸面上棉絮状的白色沉淀，此过程约持续5分钟，取出相纸。洗涤液则需静置1～2小时后，才能将澄清的液体排出，取出沉淀物干燥后送至提炼厂。

第五章 纸 张

在现代生活中，纸张所起的作用是非常重要的。千百年来纸张就是永久传播知识和文化的主要媒介，它对工业、商业、教育各行业的发展是必不可少的，而且它的应用范围正日益扩大，它的消费水平已成为一个国家文化和经济发展的重要标志。

纸对于印刷工业来说尤其重要，要是没有纸，印刷工业的发展也就无从谈起了。虽然，目前塑料表面印刷和金属表面印刷有了一定的发展，但是，在今后一个相当长的时间内，纸张看起来仍然是印刷行业所使用的最重要的基本材料。在现有的纸张印刷过程中，纸张的因素对印刷品质量的影响最大，因此，印刷行业对纸张性质和造纸的原材料应有所了解。在本章中不仅介绍纸张对印品有影响的一些性质，还对纸张的原材料、纸张的生产过程和后期处理中使用的工艺方法作一简单的介绍，供印刷部门的同志们参考。

第一节 造纸原材料

纸张主要是由极为纤细的植物纤维相互牢牢交织而成的纤维薄层，当非常稀的分离纤维的水悬浮液流到一个非常细的金属丝网上时，水会慢慢渗出，只留下相互交错在一起的纤维部分，成为一个粘结起来的薄片，这就是纸。大部分纸张还包含有一定量的无纤维材料，例如：高岭土和树脂填料等。

造纸可以分为四个阶段：

1.制浆阶段：造纸原材料的选择及初步处理阶段。包括破碎、蒸解、筛选、清洗和漂白等工序。

2.供造纸机用的纸浆的准备阶段：包括对纤维的进一步机械

处理。在这个过程中，纤维经过打浆和精选，以保证生产的纸张达到预定的性能指标。处理过的纤维还必须和无纤维材料加以混合，成为稀释的悬浮液，为抄造纸张做好准备。

3.抄纸阶段：在这个阶段首先使用分离水的装置（即抄纸机）把悬浮液中的水排干，然后再使用真空抽吸、压榨和烘干等方式来形成干燥的纸。

4.纸张的完成整理阶段：它包括压光、涂布、复卷、裁切和成令等几项工序。

在实际生产中，每个阶段的生产条件都是复杂多变的，这样每道工序都会或多或少地影响到纸张最终产品的性质，其中以第二阶段即打浆和精选最为关键，它的工艺对纸张的特性起决定性的影响，同样的纤维纸浆在处理的条件不同时制出的纸张防油性和着墨性也各不相同。

为了区分各种纸张，我们先谈纸张的原材料和生产的四个阶段，这有助于对纸张的分类及性质的认识。

一、纤 维 素

纸张的主要成分是纤维素。纤维素是构成植物的最基本的材料，无论是在草的叶片中还是在树的树干中都可以找到纤维素。在象棉花、亚麻等少数几种植物中，纤维是以纯纤维素的形式出现的，而在大多数的植物中它是和其它一些象木质素一类的材料混合在一起的。和盖房子相似，在植物中，纤维素类似砖瓦而其它材料类似灰浆，它们紧紧地连结在一起，使得植物强壮而不易折断。从造纸的角度来看，植物的这些非纤维组织是不受欢迎的，因此制造纸浆的整个过程归根结底就是如何将纤维素组织从其它组织中分离出来的过程。

适合于造纸的纤维素几乎可以从任何含有纤维的植物中提取，但在大部分植物中纤维素含量太低，因此用这些植物造纸非常不经济。造纸的原料必须能从中提取合格的和高比例的纤维素，植物纤维在制浆中必须易于离解，强度和韧性也需符合要

求。当然造纸原料的选择还取决于其它一些因素，如植物的来源、植物生长周期的长短以及用它们造纸的生产成本对纸浆厂和纸张市场是否适宜等。

表5-1为造纸纤维的分类，虽然有许多纤维可以用来造纸，但实际上，世界上生产的纸张现在有90%以上都是由木材制造的。在我国，木材资源缺乏，森林覆盖率只有12%，造纸的原料中木材仅占30%，而草类原料却占60%左右。

表5-1　　造纸纤维的分类

类　　别	举　　例
籽毛类纤维	棉花
韧皮类纤维	亚麻、大麻、黄麻、棉杆皮、桑皮
茎杆类纤维	稻草、麦秸、竹、甘蔗渣、芦苇、高粱杆，龙须草、玉米杆
叶质类	芨草、剑麻
木材类纤维	针叶树、阔叶树

从不同的原料中提取的纤维在长度、宽度和形状上都不相同，但是它们的一般结构是类似的，都为中空的半透明管状物。它的两端有渐渐变细的封闭口。纤维的这个特征在不同的植物上都可以通过显微镜观察到，因此对于鉴定和分析工作十分有用。

茎杆类、叶质类、木材类的纤维比较细而短，如稻草和阔叶树纤维的平均长度为1.0～1.5mm，宽度为0.01～0.02mm，针叶树纤维最长为4mm，而韧皮类、籽毛类的纤维比较粗而长，如棉花纤维的平均长度可达25～30mm，纤维的平均宽度为0.012～0.037mm。造纸纤维的尺寸可参考表5-2。

植物纤维的长短不同对纸张的性质有很大的影响，在其它条件相同的情况下，用细短纤维制成的纸张的强度比用粗长纤维制成的纸张要低，因此比较高级的纸张大都采用韧皮类或籽毛类的纤维作原料。

纤维组织沿着植物的茎或干的方向按各种方式相互交织在一

表5-2　　部分造纸纤维的尺寸

纤　　维	平均长度（mm）	平均宽度（mm）
棉　花	10～50	0.025
针叶材	4	0.025
阔叶材	1.5	0.030
竹　草	1.5	0.013
稻　草	1.5	0.015

起。例如在稻草和各种草类植物中的纤维束是无规则分布的，而在树干中它们大致是按同心圆排列的，每一圈就是一圈“年轮”。

在各种植物中，纤维和非纤维组织的比例也是不同的。在棉花中除纤维素之外几乎再没有什么非纤维的组织了，所以，对造纸来说，制造棉花纸浆的工艺过程就很简单。然而，除了棉花之外，造纸用的植物都是由一定量的非纤维组织来连接纤维组织的。纸浆生产的整个目的就是在把纤维从非纤维材料中分离出来，同时要求对纤维素造成的机械损伤或化学损伤控制在最小限度。

比较重要的一些造纸纤维已在表 5-1 中列出。下面分别作较详细地叙述。

1.棉花纤维：天然纤维中最纯的一种，它是棉籽的绒毛。棉籽是被这些很细的绒毛所包裹着的，棉桃成熟绽开时，人们就把这些棉花采摘、收集到一起。棉花主要被用来纺线、织布。有些不能用来纺线的短纤维，俗称“飞花”，可用来造纸。破棉布头也是造纸工业的重要原料，它来源于纺织行业的废料或是收集来的破旧衣物。这些破棉布头经清理和漂白之后就可制成造纸所用的上好纸浆。

棉花纤维是扁平扭曲的管状物，平均长度大约在10～50 mm，宽为0.025 mm，假如在打浆的过程中纤维的长度不被破坏

的话，那么棉花可以造成强度很高的经久耐用的纸张，此种纸张多用来印制有价证券以适应流通的需要，或用作法律文件用纸、图画纸和高级信纸等。手工造纸常常以棉花或亚麻为主要原料或二者混合使用。

2.亚麻纤维：亚麻纤维在亚麻类植物杆部表皮下的一圈韧皮部组织内。这些韧皮纤维大约只占植物重量的5%。和棉花一样，亚麻的主要用途还是在纺织业，用来造纸的只是废弃的短纤维和废亚麻布头。

亚麻纤维与棉花纤维的尺寸差不多。韧皮部纤维的一个重要性质就是在适当的压打下很容易沿着纤维长度的方向相互分离。这种沿纤维方向的剥离就称作原纤维形成作用。在捣碎的纤维中的这些发状的原纤维在造纸中可结成网状，牢固地连接在一起而形成强度很高的纸。由于亚麻纤维的特殊强度和纤维易形成原纤维的性质，所以可以制作强度很高的经久耐用的纸张。然而亚麻纸浆的高昂价格又限制了它们的用途和大量生产。亚麻与棉花所造出的高质量的纸张多用于印制有价证券、法律文件及航空邮件纸等等。

3.大麻和黄麻纤维：这是国外造纸业使用的另外两种韧皮部纤维。大麻主要产于印度、苏联和美国。大麻纤维的尺寸和性能与亚麻相似，也用于生产高强度和经久耐用的纸张，还用于制造棉纸、烟纸和包装纸等。黄麻原产印度，纤维长度比大麻和亚麻要短得多，但它和其它韧皮部纤维一样具有原纤维形成作用，所以常用来生产薄而且强度大的纸张。另外，将黄麻纤维加到草类纤维中可以大大提高草类纤维纸的强度。

4.茎杆类纤维：稻草和麦秸纤维属于这一类纤维，在木材或其它长纤维原料短缺的情况下，稻草和麦秸也可以用来作为造纸原料。从稻草和麦秸中提取造纸纤维的方法比较完善。稻草纤维的形状是两端尖口的短管子。它们的尺寸和阔叶材的纤维尺寸差不多（参见表5-2），为了保持纤维的长度，稻草纸浆在操作时必须特别小心。稻草纸浆造出的纸表面致密、坚固，但抗撕裂强度

较低，不透明性差，其抗张（破裂）强度较好，并有特别的“哗哗”的纸声。一般稻草纸浆是和木浆混合使用，生产较薄较硬的书写纸，印制支票、证券用纸。

其它一些茎杆类纤维也可以用来造纸，包括竹子、甘蔗榨完糖后的甘蔗渣等，在我国还大量采用芦苇造纸。

5.木材类纤维：造纸用纤维材料用得最多的是各种木浆。木浆可以由阔叶材或针叶材制成。针叶材，如云杉和松树是制造木浆的主要原料。云杉的生产周期大约是80年。其纤维长 3～4mm，它的纤维壁很薄，很容易被压平，在显微镜下观察云杉纤维就象薄纱一样。在敲打过程中纤维能够局部形成原纤维，但其程度是不能和亚麻、棉花一类纤维相提并论的。由于它们的纤维较短，而纸张的强度依赖于纤维长度，所以在制作纸浆时必须特别小心保持纤维的一定长度。用云杉制纸浆可以通过机械的方法也可以通过化学的方法，这种纸浆在纸张生产中用得很多，可以用来制作各种纸张。

松树的纤维与云杉纤维类似，但松树中树脂含量比云杉大，在制造纸浆时要消除这些树脂就必须采用不同的处理方法。

用阔叶材制纸浆要比针叶材少得多，但它们也逐渐在造纸业中占有一定的地位。用来造纸的阔叶材有白杨、桦木、栗木和山毛榉。它们的纤维比云杉要短，在 1～1.5mm 之间。但它可以使纸张柔软、致密、不反光发亮。

二、木材的结构和成分

在植物生产的过程中，由水和土壤中的可溶盐组成的树液由根部吸收，通过纤维中毛细管的作用经茎或树干输送到树叶上，经一系列复杂作用的结果形成碳氢化合物，这就是我们熟悉的光合作用。光合作用要具备的条件是水、叶绿素、空气中的二氧化碳和阳光。在光合作用中形成的碳氢化合物，再被不断地输送到植物生长的各个部位去。

树干或树枝每年的生长都在树皮下的一个很薄的称为形成层

的范围内进行。每年形成一层新的木质，这就是我们前面提到过的“年轮”，从年轮上我们能够估算出树木的年龄(图5-1)。

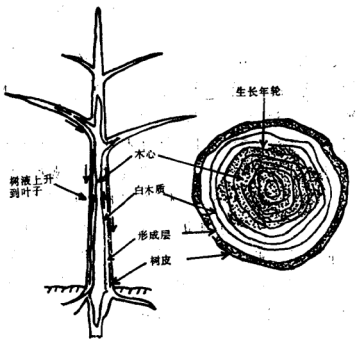


图5-1 木材的结构

形成层的加厚是由细胞的不断分裂造成的。在木材中形成层由大量又长又薄的管状细胞组成。这些管状细胞就是我们所说的纤维。

木质纤维的结构和组成已经经过许多年的广泛研究，并且采用了包括电子显微镜在内的现代技术与设备，使我们能够很好地直观地认识它们的结构。木材的化学分析也告诉我们木材的大概构成：

碳	50.0%
氧	43.4%
氢	6.0%
氮	0.1%
灰分（主要是硅土）	0.5%

这些元素结合在一起形成许多不同的化合物，但主要分为两大类：

①纤维素和半纤维素；

②木质素和非纤维素等，以强化分子间的束缚。

纤维素的性质我们已在第三章“聚合物”一章提到，它的分子式可简单地表示为$(C_6H_{10}O_6)_n$，这些重复的单元由有六个节的环形结构组成。

在每个分子中连接在一起的单元的实际数目取决于植物的种类和分离这些纤维的各种不同的方法。例如：棉花纸浆中的纤维最多大约有5000个单元，而木浆中的纤维最多只有2000个单元。木浆中的一个单元分子大约有0.75nm宽，长度在800～5000nm之间。

这些分子一个挨一个沿着纤维的轴线方向排列在一起形成微纤维，这些微纤维在打浆的过程中会从纤维束上脱落下来。这些线状体大约宽10μm，而长度不等。用X光进行研究发现在这些微纤维内有结晶区和非结晶区两种不同的部分。在结晶的部分中被称为微晶的纤维素分子束按一定的排列形式通过相邻的链连接在一起，而在非结晶区部分的分子则是无规则排列的。由于微晶部分比纤维素分子短得多，所以没有被破碎的分子可能包括几个相连的微晶部分。

微纤维只能够在电子显微镜下研究，它们确实在侧面相连接形成了大的纤维。这一点在大倍率的光学显微镜中也可明显看出。

木质纤维是由四层明显可分的薄层围绕着中间的空腔的形式组成的（图5-2）。纤维之间的薄层称为胞间层，由高比例的木

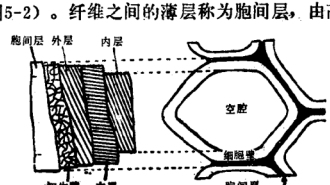


图5-2　云杉纤维剖面和它的分层纤维结构示意图

质素组成，纤维的最外部的薄层称为初生壁，由紧密排列的微纤维组成。在其次的称为次生壁的外层、中层和内层中，微纤维排列得不那么均匀。它们排列的角度明显与纤维轴线成一角度。中层是最厚的一层，它包含了一大部分纤维素。

天然纤维素纤维有很多性质，与纸张有关的主要有：①具有原纤维结构，并能使其原细纤维化；②由于羟基的存在，亲水性很好，且有膨润性，但无水溶性；③由于羟基的存在，能明显形成氢键；④因膨润而失去刚性，而明显变得柔软。我们可以说，纸张的所有性质皆与纤维素的本质有关。

三、纤维纸浆的生产

在我们讨论过的所有植物中，纤维和各种非纤维材料都有一定的比例关系。各种植物中纤维的含量相差是很悬殊的，如表5-3所示。

表5-3　　一些造纸植物含纤维的百分比（体积）

植　物	棉　花	亚　麻	云　杉	松　树	硬　木	稻　草
纤维所占的体积（%）	约95	70	55～61	58	58～63	36

纸浆制作的过程就是把纤维从其它无用材料中分离出来的过程，而在分离的过程中以对纤维产生的机械和化学损伤越小越好。由于今天世界上的纸张和纸板有百分之九十以上是由木浆制造的，而且木浆生产的工艺过程比较典型，所以我们将主要介绍用木材制浆的方法。

在纸浆厂，首先将圆木送进巨大的旋转鼓中，自动剥去树皮。下一步就是制浆了，木浆生产的方法有机械的、化学的（酸法及碱法）以及机械和化学相结合的方法。纸浆的制法不同，所制成的浆料性质也不同。

1.机械木浆（磨木浆）：在机械木浆的生产中不是真要减少木头中的非纤维性组分，无皮的圆木用40～60目筛孔的白刚铝石

熔法制成的磨石压着高速旋转磨碎，圆木是平行于磨石的轴线放置的。同时喷洒水以冷却磨石并起到润滑作用，当木质纤维被从圆木上剥离下来时还能被水冲下来。这样获得的木浆就是纤维束、破碎的纤维和原木中所具有的所有非纤维材料的混合物。同时，一部分纤维的分子链断开，羟基的数目增加，半纤维素被水解。

新闻纸基本上是采用这种纸浆制成的，从新闻纸中我们可以找到这种纸浆的不足之处：磨木浆工艺使大量的纤维造成损伤，这种纸浆造的纸强度很差，这种工艺使木材中的非纤维素物质几乎大部分都留在纸浆中，这些木质素和其它杂质使纸张颜色略带黄色，在日光和空气的作用下，纸的颜色还会进一步变黄。为了改善纸张的强度和颜色，机械木浆中一般都掺杂一定的化学纸浆。虽然机械纸浆有这些缺点，但它在造纸中占很重要的地位。因为新闻纸和其它一些便宜的较差的纸和纸板使用的时间都比较短，这使得纸张的强度、颜色和耐久性就显得不那么重要了。而且对凸版印刷来说，因机械木浆纸组织均匀、不透明、松软且富有弹性，有良好的吸墨性，因此印刷性能还是比较好的。最主要的是由于成浆率很高，可达95%左右，而且不使用昂贵的化学药品，所以机械纸浆比化学方法生产的纸浆要便宜得多。不过，在磨削的过程中功率消耗很大。机械纸浆通常采用云杉来生产。

为增强磨木浆的数量，现在还采用把碎木片通过一组精磨机的工艺生产含有较大比例的长纤维的精制磨木浆，比一般采用的磨石磨削方法要好得多，这样做出来的纸张强度就要好得多。这种工艺的另一个优点是木材的锯屑和刨花也可用来代替圆木生产纸浆。

2.化学的方法：在去皮工艺之后，圆木被切成大约20mm长50mm厚的小木片，然后使用化学溶液来处理这些小木片，溶解掉木材中的木素和其它杂质，尽量留下分离成相对纯的纤维素，采用各种亚硫酸盐溶液或采用碱溶液都可以完成这一工作。

①酸法工艺：在生产上最早的工艺过程是亚硫酸盐工艺，这

种工艺是用亚硫酸氢钙 $Ca(HSO_3)_2$ 溶液来处理木片。反应在一个圆柱形压力锅式蒸解器中发生，它的内部有一层防酸腐蚀层。锅内用数个大气压的水蒸气加热，这个过程要持续数小时。在蒸解的过程中，许多木素和非纤维素物质都溶解在亚硫酸溶液中。100吨木片将制出55吨左右的纤维纸浆。剩余的红色蒸煮废液对于造纸厂来说是一个问题。这些化学药品可以回收再使用，如果不经处理就排放出去会造成河流和湖泊的污染。许多人都想找到处理这些废液的更好方法，目前有些国家已获得了一些可喜的成功。

用酸法工艺制得的纤维长，性柔软并有良好的结合力，容易漂白。根据漂白的情况可分未漂、半漂和漂白三种，未漂的亚硫酸木浆含一定量的木质素，呈灰黄色，纤维已较硬而韧。与机械木浆混合来制造新闻纸可提高纸张的机械强度，与其它化学木浆混合可制造凸版纸。半漂白纸浆可与其它化学浆料混合制造一般的胶版纸，漂白的亚硫酸木浆除去了木质素，纤维洁白而柔软，可用来制造胶版纸、书写纸、凸版纸，也可用来制造铜版纸的原纸。

②碱法工艺：这种工艺主要用氢氧化钠（NaOH）和硫化钠（Na_2S）的水溶液与木材共同蒸煮制得化学木浆，同酸法工艺相比，化学药液的作用较和缓，所以纤维损失较少，纸张的纤维强度比较高，但漂白较困难，适于制造要求强度较高的纸张，如牛皮纸、书皮纸等。碱法工艺与酸法工艺相同，木片也经过蒸解，但锅中使用的化学药品不同，锅内也无须有防酸蚀层。这种工艺不仅用于制做阔叶材纸浆，也可用于制稻草类、破布纸浆。和酸法工艺的一个重要区别是：所有的化学药品可从废液中和冲洗纸浆的水中回收、重复使用。

在硫酸盐工艺中，回收阶段要在制浆废液中加入硫酸钠，这样在回收系统中的反应产物是氢氧化钠和硫酸钠，可回用于蒸解制浆中。当氢氧化钠在煮解的过程中消耗掉而使得浓度降低时，由于硫化钠的水解作用会产生出新的氢氧化钠去补充它。这样氢

氧化钠的浓度可得到控制，这是一大优点。同时它也避免了强碱对纤维素大分子的降解，也可以控制化学药品以较稳定的速度连续参加反应（反应是可控的）。以此种方法制浆，纤维的损伤不会太大，纸浆的强度很好。由不漂白的纸浆造的纸呈黄褐色，俗称牛皮纸，可用作包装纸，制作纸口袋。硫酸盐工艺特别适合于象松树那样的多树脂的木材。这种树脂在亚硫酸工艺过程中就不能够被有效地分离出来。

③机械和化学的方法相结合：近年来发展起许多以较轻的化学处理和机械剥离相结合的制浆方法。采用这些工艺制出的产品的质量介于以上两者之间。所使用的一般化学药品我们已在前面讨论纯化学制浆方法的时候谈到了。

化学与机械相结合的工艺可分为两种不同形式，第一种形式是化学处理与机械处理分开进行的，化学处理采用一般的化学药品，如氢氧化钠与硫化钠，这样可以松解纤维结构，然后再采机械处理。另一种形式是机械与化学方法同时进行，相辅相成，象稻草、甘蔗渣一类植物需要在高热的稀氢氧化钠溶液中进行强烈的机械处理。

一些现代的造纸浆方法，化学和机械相结合的处理方法使间歇的生产这种旧的方式改成了连续生产。象许多其它工业一样，造纸浆的生产也向自动控制的完全连续生产发展。

四、筛选、清洗和漂白纸浆

机械离解的纸浆在经过初步清洗之后，其中仍然含有一些在造纸之前必须要清除掉的杂质。

筛选是一个多步骤的操作。首先将经过稀释的纸浆通过有许多小孔或狭缝的一系列板或旋转滚筒，有用的纤维能够通过这些细缝和小孔，而较大的粗渣就被留下了（图5-3）。通过这种方法可以剔除节子、没有离解开的纤维束和树皮块。这个工序有如筛子筛选东西。

筛选工艺是利用纤维的尺寸不同加以分离精选的，而将不去

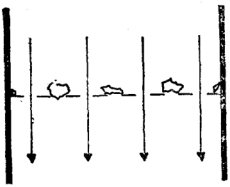


图5-3　根据尺寸不同而分离的方法

的清洗工序依靠材料的不同比重来分离纤维和其它杂质，通常把稀释纸浆经过沉淀池沉淀出重的部分（图5-4a）。如果采用更先进的离心式和涡流式筛选机等分离装置进行分离可大大提高效率。在涡流式筛选机（图5-4b）中稀释的纸浆在压力的作用下被送进一个倒置的圆锥形容器中。纸浆沿着锥形的内壁螺旋下降，然后比较轻的纤维纸浆再由内部的涡旋被提升起来由中心出口离开涡旋器。比较重的杂质部分不可能随涡旋上升，就从圆锥下端的开口被排出去了。这种机器的操作是连续的，常用于清除纸浆中的砂子。

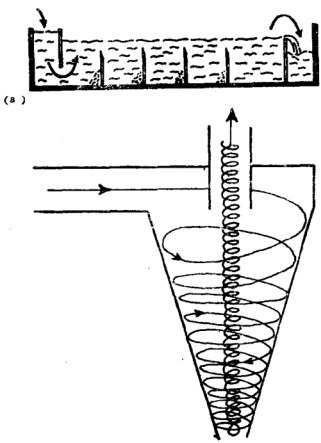


图5-4　根据不同密度进行分离的方法
(a)除砂挡板　(b)涡流式净化器

要改进纸浆的颜色，就要排除更多的残留杂质，并进行漂白。多数的漂白方法都采用氯和氯的化合物。最常用的是次氯酸盐，由于其使用方法简便，它不仅用于木浆漂白，也用于其它纸浆(如稻草浆)的漂白。漂白一般都分几个阶段进行，如果合理地掌握好各个环节，有可能使纸张的产量、

颜色和强度都达到很好的效果。

在煮解工艺中，大量的木质素被溶解，但仍然有一些木质素留在纸浆中，而且要清除这些木质素所需的工艺条件都可能使纤维受到损伤，并使纸浆产量下降。在漂白工艺中的氯只对存留下的木质素起作用，可以使木质素或溶解在酸溶液中，或溶解在碱溶液中。这样，漂白的过程同时也是进一步清除杂质的过程。漂白时氯的浓度取决于原料的性质和所需的白度，比较容易漂白的纸浆一般仅用浓度为2％的次氯酸盐，而漂白用硫酸盐工艺制成的（牛皮纸）纸浆，需用浓度达15％的次氯酸盐。漂白可以分几个步骤多次进行，即每一步骤使用的氯的浓度都比较低，这样可大大降低在一次漂白时浓漂白液对纤维的强氧化作用而引起的损伤。硫酸盐和亚硫酸法纸浆漂白的最后阶段普遍采用二氧化氯，近来也采用过氧化钠和双氧水漂白机械纸浆。

五、非纤维材料

虽然纸张大部分是由纤维素构成的，但它也包含了一定量的非纤维材料添加物。其中最主要的是胶料、填料和色料。

1.**胶料**：由于纤维素是亲水物质，仅用纤维素制成的纸会产生水化现象，因此用来书写的纸张都必须施胶，以防止纸张在写上墨水后产生象吸水纸那样的洇纸现象，保证纸张的书写性能。大部分印刷油墨都不是水基的，所以未经施胶的纸不会产生洇墨现象，但是，印刷品在使用期间也常常要在纸张上书写，所以，印刷用纸张一般多少也需施点胶。施胶起堵塞纤维之间的间隙、减少毛细管的作用，它不但可以用来防止液体的浸洇，同时也增加了纤维间的粘结力，改善了纸张的强度、光泽、声响等性能，并能减少纸张表面起毛的现象。

施胶的两个主要方法是：

①内部施胶：这是在造纸之前就在纸浆中加入胶料的施胶方法。

②表面施胶：在纸张表面进行施胶处理。这种工艺可以在造

纸机上进行，也可以在造纸之后单独进行。

另外还有轻施胶、重施胶等其它施胶工艺，施胶量也各不相同，约为0.25～9%，胶料不宜过量，否则会影响纸张的其它性能。

内部施胶一般使用松香，它是从松树渗出的胶状物质经蒸馏出松节油后残留的树脂，呈琥珀色。松香溶在稀氢氧化钠溶液中加入纸浆里，当它们完全混合以后，再加入硫酸铝，破坏了松香的稳定性，这样松香铝的微小颗粒沉淀在纤维壁上，纤维上的胶层使纤维不容易吸水，从而提高纸张的防水性能，减少了水由于毛细管作用对纸张的渗透作用。对某些纸张，人造施胶材料比松香更优越，例如聚烷基烯酮胶料。它的优点是，施胶后的纸张是中性的而不是酸性的。在需要高度防水性能的场合，可单独使用石蜡乳化剂，也可与松香合用。

纸张表面施胶大都在普通造纸机上的施胶装置上进行。表面施胶剂常用的是淀粉，也有用羧甲基纤维素、聚乙烯醇、明胶等材料的。淀粉施胶会使纸张表面的绒毛、细小纤维粘着于纸张表面，从而提高纸张的表面强度和防沾脏性能，改善油墨在纸张表面的附着性能。用淀粉施胶的纸张特别适用于胶版纸和地图纸，用来进行平版印刷（包括珂罗版印刷）。淀粉施胶并不破坏纸张的透气度而又能增强纸张的抗水性，这是因为纤维表面的淀粉层会阻止纸张在水中膨胀。羧甲基纤维素的作用和淀粉差不多。

纸张表面施胶除了可以改进纸张的防水性能之外，还可以改进纸张表面的光洁度，减少纸张表面起毛的现象。槽式施胶是常见的表面施胶方法，使卷筒纸通过施胶槽来完成，这用于高档纸的生产，另外，表面施胶也可在砑光机上进行。

可用于纸张施胶的胶料还有蜜胺醛，能在温度为110℃的造纸机干燥部分凝固成固体。用于制造高质量的胶版纸、地图纸和照相纸纸基。脲醛树脂的作用与蜜胺醛相似，价格也比较低廉。

2.填料：相互交织的纤维之间有许多空隙，这些空隙使纸张表面凹凸不平，虽然肉眼观察不出来，但印刷时会使字迹深浅不

一，画面上细线条断断续续，小号字的印迹轮廓不清，因此必须在纸张中加进一定量的颗粒，一般是些细小的分散性强的白色矿物质，它可充填纤维之间的空隙，使纸张表面的平整度和光滑度有所改善，增加纸张抗潮湿性及尺寸稳定性，从而改善纸张的印刷适性。

这些矿物质统称为填料。在纸张中加入填料可以提高纸的重量，降低纸张的价格，这是因为填料要比纤维便宜得多。加入填料能够降低透明的植物纤维形成的纸张透明度，使薄纸有更广泛的应用范围。如果填料的白度大于纤维的白度，在纸浆中加入填料还能提高纸张的白度。

另一方面，填料使纸张更加耐磨，从而也加速了印版的磨损。更主要的是填料降低了纤维间的结合力和纸张的强度。加入填料虽然能够提高纸张均匀吸收印刷油墨的能力，但填料越多，纸张的孔隙越少，油墨的吸收性也就要下降。因此，填料也不宜加得过多。填料的添加量有个限制。一些特殊的纸和纸板含填料可达30%以上，但大多数印刷用纸张一般只含10～20%的填料。

理想的填料有非常高的折射率，并能散射各种波长的可见光。它必须是化学惰性的、有足够细的颗粒度、价格合理。常用的填料有粘土、高岭土（$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$），也有用较贵的二氧化钛（$TiO_2$），这种上等填料有两种不同的晶体排列方式，即锐钛矿和金红石。这两种矿物质都具有很高的折射率（锐钛矿为2.55，金红石为2.70），可散射更多的光线，用其作填料，纸张的不透明性能比用粘土作填料的好，甚至很小含量的二氧化钛都对纸张的不透明度和表面涂层有明显的影响，而且二氧化钛有很好化学惰性。其它常用的填料还有石膏粉（$CaSO_4 \cdot 2H_2O$），碳酸钙（$CaCO_3$）、氢氧化镁〔$CaCO_3 \cdot Mg(OH)_2$〕和硫酸钡（$BaSO_4$）等。

3.色料：在生产彩色的纸张时要加入着色剂。另外由于纤维有一定的颜色，即使经过漂白也还不是纯净的白色，为了校正纸浆的黄色的色相，为了生产特别白的纸张，纸浆中也加入少量的色

料来调色与增白。纸浆配色是件技巧性很高的工作，要使潮湿的纸浆在干燥后达到所需的颜色，可通过实验室采样进行颜色的比较。造纸中使用的着色物质有两类：一类是可溶于水的，称为染料；一类是不溶于水的，称为颜料。

颜料可看成是带颜色的填料，它填充在纤维间的空隙中。颜料对纸张的特性有一定的影响，用颜料作着色剂时容易产生两面颜色不一样的现象，因为在抄纸机上纸浆要经过金属网排水，留在纸张正面的颜料浓度要比纸张反面的浓度大。因此两面的颜色不一致。颜料多是无机矿物质，所以与染料相比，有更好的防光照和防化学药品性能，常用的矿物颜料有群青、普鲁士蓝、赭石、褐色和铬黄。颜料的性能在“油墨”一章中还要谈到。

染料和颜料对纸张的作用大不相同，染料分子实际上附着于个别纤维上，它的连接强度由于媒染剂（如松香和明矾）对纤维的作用而得到加强。造纸中所使用的染料全都是人造的，可分为三大类：直接染料、酸性染料、碱性染料。染料一般都容易褪色。

光学增白剂是一种荧光染料，在一些纸张中使用荧光染料可提高纸张的明亮度和白度，这些材料能够吸收不可见的紫外线，并且把它们转变成光谱中蓝色区域中的可见光反射出来。为纠正纸浆中的黄色相，也可以加入蓝染料使纸张变得更白，但这样就减少了反射光的量；为使纸浆变白，也可以延长漂白时间，但漂白时间过长会造成纤维损伤，使用光学漂白剂的最大优点是可以避免工艺上的困难。

造纸时有三种染色法：

①直接染色：这是将色料直接加入打浆池进行染色的工艺。

②浸渍染色：将造好的纸张浸渍在染色槽中进行染色。

③涂布染色：将色料液涂布在纸面上进行染色的工艺。

经过以上工序后，纸浆的前期处理就完成了。为了便于运输、搬运和贮存，纸浆厂往往把原纸浆制成干燥的非常粗糙的干纸浆板，然后再运往各造纸厂。

第二节　纸和纸板的生产

一、造纸纸浆的准备

从木材和其它植物中获得纤维素，再加入各种非纤维材料，就制得造纸用的纸浆，在上抄纸机前，纸浆还需经过进一步的处理，这个过程对纸张的性能产生很大的影响。这一工序称为制浆，制浆的工艺过程可以分成两个阶段（包括有水存在的情况下的机械处理）：

1.碎浆：这一阶段首先把送到造纸厂的干木浆板破碎，然后再重新使纤维在水中分离成悬浮液。

2.打浆及精磨：这一阶段中纤维只进行物理变化，它只是进一步改善其性质以满足各类纸张生产的需要。在打浆及精磨的过程中，也要加入所需的非纤维成分。

连续化生产的大型造纸厂，就无需把纸浆先制成干纸浆板，与小批量生产相比，这些步骤就不那么明显了。

1.碎浆：这一般是在水力碎浆机中进行的，它是直径在6m以上的约3m深的敞口杯形罐（图5-5），在罐的底部有一个高速旋转的螺旋桨，它把干纸浆板的碎片和水甩到罐壁上，然后再流回罐中漩涡的中心，在螺旋桨和罐的下壁都装有叶片，有助于纸浆纤维的离解。罐的下部有一出口，完全离解的纸浆可从出口中流出，进入贮料箱。水力碎浆机可用来离解废纸。

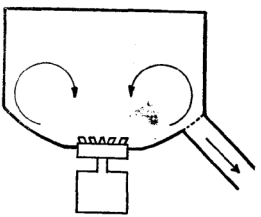


图5-5　水力碎浆机原理图

2.打浆和精磨：这个工序是造纸的关键步骤，它决定纸张的最后性质。虽然没有这一步也能制成纸张，但由于其中还含有大

量未离解的纤维束，纤维间也只有很小的粘结力，造出的纸张强度极低。打浆是把纤维束疏解成单纤维，并使纤维切成适当的长度，沿纤维方向摩擦分裂，两端帚化发毛，从而增加纤维表面接触面积，提高纤维交织的能力。经过打浆压溃，使内部渗进水而发生膨胀水化，变成柔软可塑的纤维，这样的纸浆就可以用来造纸了。

打浆机从其在十八世纪诞生起，其原理至今没有发生大的变化。它为一个椭圆形的用铸铁、木材、混凝土或不锈钢制成的槽，每次可以处理两吨左右的纸浆（图5-6）。在一个很重的旋转辊子的作用下，纸浆围着椭圆槽中心的垂直墙板转动，而旋转辊子是架在墙板和槽的一边上。打浆机底部在打浆辊前部开始上升；纸浆被辊子带过这一坡度，然后落到另一边。这样纸浆就围绕着椭圆槽上连续地转动起来。在打浆机中处理的纸浆一般纤维含量约为5%。

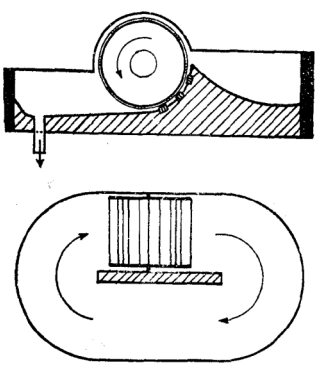


图5-6 打浆机原理图
a-侧视图 b-俯视图

在沉重的打浆辊子上，围绕着其圆周布满了许多金属或石料叶片，它们都是平行于转轴的。打浆的作用就发生在这些叶片之间，叶片的运动速度大约在600m/min。在打浆机的底盘上也有固定叶片。在辊子和底盘上叶片的数量、形状和安装位置直接影响到纸浆的性质和造纸的种类。转动叶片与固定叶片间的距离在打浆的过程中是可以调整的。在不同的打浆条件下，同样的硫酸盐

纸浆可以生产出各种吸水性、防油性差别很大的纸张。

由于打浆条件是可以调节的，调节后就可以以不同方法影响纤维，因此具有很大的灵活性。例如，如果叶片的顶端设计为尖的，并且转动叶片与固定叶片离得很近，那么它比较容易切断纤维(图5-7a)，这样造出的纸张就不透明、粗厚、吸水性好，但强度很差(例如吸水性)。如果叶片的形状仍然是尖的，但是转动叶片与固定叶片距离加大，这样会减少纤维的切断，有助于纸浆形成细纤维(图5-7b)。从纤维上突出的细小的微纤维更便于纤维在造纸机上形成网状结构，制成强度很高的纸浆。如果叶片顶端比较钝，且上下离得很近(图5-7c)，纤维在水中会被捣碎，而且纤维经处理极不均匀而形成纤维浆，这种纸浆可生产极硬的透明纸。由于在加工的过程中纤维吸收了水分，我们把这种现象称为水化。

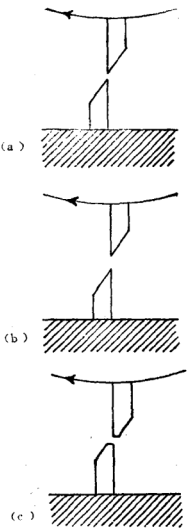


图5-7 各种打浆条件
a.接近的尖棒 b.分离的尖棒
c.接近的钝棒

实际上在打浆过程中，切断、形成细纤维的水化作用同时发生，但由于打浆条件的不同，使得某种作用比其它作用更明显地表现出来。应当认识到从各种不同造纸植物中提取的纸浆在打浆中的反映也不同。短纤维草浆和碱性木浆不容易形成细纤维和水化，这些纸浆造成的纸张松散、不透光，强度也较差。破布纸浆就完全不一样，它能很容易地形成细纤维也容易切断。硫酸盐化学纸浆不能很好地形成细纤维，但可以水化和切断，这种纤维造出的纸张用于一般的场合。

打浆一般要影响纸张的透明度、松紧度、抗撕裂强度、尺寸稳定性和纸张起毛的容易程度。打浆适当的纸浆造出的纸透明度、破裂和拉伸强度、比重和硬度都好。

精磨一般是作为打浆工艺的补偿，在打浆之后进行，但目前它常常是与打浆工艺交替进行的，特别是在生产新闻纸和其它高速印刷用的纸张的时候更是如此。精浆机的最简单形式是在圆锥形筒内有一个高速旋转的圆锥体(图5-8)，在机壳和内部的锥体上都装有金属叶片，纸浆从锥形小端进入精浆机，然后从固定在壳体上的叶片和迅速旋转的叶轮间通过，再从大端流出。和打浆机一样，两组叶片之间的间隙可以调整，用以改变打浆程度，控制纸浆性质。精浆机的另一种类型是用两个圆盘来完成精磨工序的，一个圆盘是固定的，而另一个圆盘旋转，纸浆在两个圆盘中精磨。

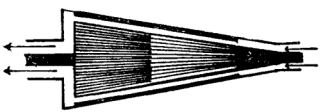


图5-8　圆锥形精浆机的原理图

一般情况下，打浆之后经过一次精浆处理，纸浆的准备就算完成了，但有时经一组精浆机处理也可以取代打浆工艺。随着高速、高效的精浆机的发展，除了生产高档纸张以外，打浆装置大都被精浆机取代了。

非纤维填加物，如填料、胶料和色料，一般都在打浆的时候加入，随着精浆机的使用量不断增加和生产连续化的需要，填加物也趋于计量连续加入，这与过去一池一池的传统工艺方法已大不相同了。

二、造　纸

造纸是在造纸机上进行的。现代的造纸机都是复杂、昂贵的庞然大物，但它的功能却可以用简单的几句话概括出来，就是从稀的悬浮状的纸浆中排出水分，使纤维集合在一起，形成薄的、

干燥的、连续的纸张的过程。稀释的纸浆大约含有99%的水，从造纸机的一端流入，从造纸机的另一端出来时就卷出干燥的纸张来。造纸机输入纸浆的一端称为湿端，出纸的一端称为干端。有些造纸机长达 120m，用排水、抽水和挤压以及加热干燥的方法从纸浆中除去水分(图5-9)。

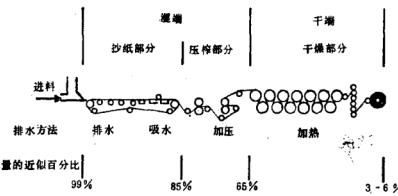


图5-9 造纸机的主要部分

现代造纸机的一般原理与最初的长网造纸机(1803年)并没有太大的区别。稀释的纸浆流到一个移动的细网丝目上，水可以通过丝网漏掉，再辅以抽吸。在这一部分的出端，潮湿的纸浆页离开丝网到一条移动的毛布上，毛布带着潮湿的纸通过一对或几对挤压辊，以除去剩余的大部分水。最后通过一系列热干燥滚筒，干燥后的纸张卷制成卷，或根据纸张种类的不同，机器的最后可进行压光、表面施胶或表面涂布等工序。现对造纸机的各部分作一介绍。

1.抄纸部分：造纸机的前面一部分。纸浆完成打浆和精制工序之后，流入造纸机的料箱中。在流入造纸机的丝网之前，纸浆还必须稀释成一定的浓度，最后进行一次筛选。虽然木材和其它植物材料制取的纸浆已经在制浆时清除过杂质，但是在打浆和加入非纤维材料时可能在纸浆中出现些大颗粒或杂质，给造纸机的生产带来麻烦。分离杂质的方法与前述的方法相似，依靠重量上的不同或大小不同来区分颗粒。

纸浆通过筛选机流入贮料箱，这个贮料箱在机器湿端的上

方，贮料箱的下部有一个出料口，纸浆通过出料口流到丝网上。纸张的单位面积重量可以通过调整出料口的大小控制纸浆的流量而实现。

由于纸浆是垂直地流到移动着的丝网上的，纤维受到突然的加速，纤维中的大多数就会沿丝网的运动方向连结起来。这个方向是纸张的直丝缕方向，造出的纸张的特性在直丝缕方向和横丝缕方向有很大的差别，如拉伸强度在直丝缕方向较高，而横丝缕上的抗撕裂强度较高。因此要考虑到纸张的性质就必须适当地计算从出料口流出的纸浆与丝网运动速度间的关系。

丝网是由细丝编成的循环的网带，网的密度为每厘米12～40根细丝，丝网网目的大小由所要生产的纸张的规格所决定。细丝一般由磷青铜制成，也有尼龙网的。丝网的两端有两个较大的辊子支持着。一个靠近进料口，另一个在出料口。它们带动丝网做循环转动（图5-10）。而其余小辊只在这两根辊间起支撑和脱水作用。丝网的上料端可以向两边作周期性摆动，以消除纤维在横向上的分布不匀。这个摆动的作用只发生在丝网的上料口一端，而另一端是固定不摇的。因此纸浆随着丝网往前运动，摆动幅度就渐渐变小了。这是因为纸浆在走过三分之二的路程时，纤维已经确定了它们的最终位置，也就是说纸张已经基本成形，这以后就没有必要再摆动了。

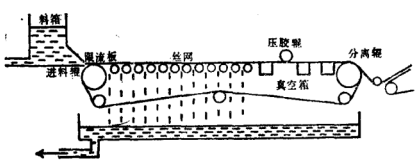


图5-10　抄纸部分

在一些较低速的机器上，采用框带防止纸浆从丝网的两边溢出，框带是连续的厚橡胶带，靠在丝网的排水部分的两边，与丝网一起运动，这在高速机上是不必要的。

在丝网运动的后半部分，湿的纸页还要经过几个吸气箱，这些长方形的箱体是与真空泵相连接的，然后通过箱体上表面的开口吸出纸浆中的水分，在经过第一或第二个吸气箱以后还要经过一个水印辊，它是外表包一层丝网的空心辊筒，它可以加强纸张的强度，这个水印辊只是轻轻地压在纸张上，当纸张需要水印时，必须适当增加该辊的压力。

丝网上的纸浆的排水难易在很大程度上取决于打浆的方式。例如，如果纸是用来制造透明纸一类纸张而经过很强的水化作用，那么其排水速度很慢。另一方面，如果纸浆水化程度很低，例如造新闻纸的机械木浆、造吸水纸的化学木浆等就很容易排出它的水分。纸浆的游离度和润湿度直接影响生产的效率和造纸机的操作和调整，例如机器能达到的速度、丝网的长度和吸水箱的数量等，都与纸浆的含水量的多少和排水难易有关。

当水从丝网排出时，要带走一些填料和比较细小的纤维，可以想见从丝网中漏掉的这些填料和小纤维大都是在纸张靠丝网的这一面。这样，纸张的两面在光学特性和表面强度上都有明显的不同，因此，我们谈到纸张的两面不能简单地考虑有没有网纹印，还要考虑纸张两面成分的不同。

2.压榨部分：在驱动丝网的同时，分离辊从湿的纸页中吸出更多的水，并且把纸从丝网上转换到第一挤压毛布上。在低速机上，丝网上的纸从上部一个包有毛布的压辊和下方一个巨大的驱动丝网的平的黄铜辊间通过，这个压辊的压力和压辊上包着的毛布又除去纸张中的许多水分，这样纸就有足够的强度以悬空状态从丝网过到挤压毛布上。现代的造纸机上，依靠吸气除水，它是由一个内部装有吸气箱并穿有孔的辊筒来保证纸从分离辊传送到毛布带时所需的必要强度(图5-11)。比较老式的压力式分离辊、新式的吸气式分离辊减少了磨损，可以避免对松散的纸进行挤压。

离开丝网的纸上还含有大约85%的水。挤压部分是使纸进入干燥部分之前，尽可能除去更多的水，因为用压力除水要比用热

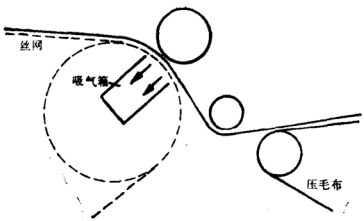


图5-11 吸气分离辊示意图

去蒸发纸中的水分要经济得多。纸从丝网上传递到连续的毛布带上后，要经过两对至四对挤压辊的挤压，上挤压辊是沉重的石辊，下辊是包橡胶的青铜辊。和分离辊一样，现在压榨部分也采用吸气结构，这种吸气压力辊一般都采用包橡胶的辊，但下辊中装有真空抽箱，这样不需要对湿纸加过高的压力就可以除掉更多的水分。

最后一对挤压辊一般都采用反向穿纸，就是纸张在两辊之间的运动方向与机器运行方向相反，使纸和毛布接触挤压过的一面再和滚筒表面接触挤压一次，减少纸张两面的差别，使得两面都清楚地印上毛布印。

由于丝网和毛布都是承受纸张的，所以在离开机器干端返回湿端时会被纤维束、松香等东西粘满。假如这些东西越粘越多，那必定要影响丝网的排水和毛布的吸水作用，所以当它们从机器下部返回时，要用水来清洗丝网和毛布。

3.干燥部分：纸离开挤压部分时还含有大约65%的水分，在干燥部分，每制一吨纸都要蒸发掉大约两吨水，它是通过一组直径约1.5m的由蒸汽加热的空心铸铁滚筒来加热纸张的。滚筒的数量取决于要制造的纸张的性质和机器的转速，例如高速新闻纸造纸机可拥有多达60个干燥滚筒。滚筒一般都作上下两层排列，上下两条毛布紧紧地将纸压在辊上，纸张交替地以正面和反面与

加热滚筒接触，这样在运转中纸张两面都能得到很好的干燥（图5-12）。

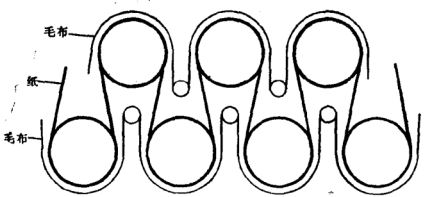


图5-12　干燥部分

在压力作用下，蒸气不断流进滚筒，而冷凝水和多余的蒸气不断被排出。干燥过程是逐步进行的，滚筒的温度也是依次增加的，温度最高的地方在整个干燥部分的四分之三的部位，然后温度又逐级降下来。为了保证干燥均匀，加热滚筒表面还必须采用刮具或刮刀来保持清洁。

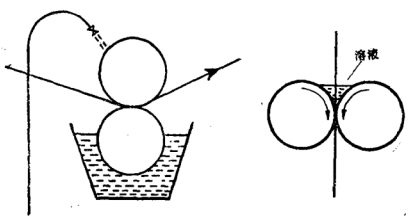
有些因素会影响干燥过程的效率。干燥机所在的车间必须有很好的通风设备，使纸张蒸发出来的水蒸气能很快排出屋外。现代的干燥机都装有密封罩子，这样可以提高排除水分的速度。毛布保持干燥可以提高它的吸水性，所以在它返回的过程中还要经过一个小型的干燥装置加以干燥。

干燥过程完成的好坏将影响纸张的最终特性，包括纸张的尺寸稳定性、表面光洁度和抗撕裂强度，所以在干燥部分必须特别注意保持纸卷的张力控制，这样纸张的内应力可以保持在最小。在现代干燥机上，各组滚筒都有相互不受影响的装置驱动，它们之间可以自动地相互保持同步，以控制两组滚筒间的张力，当然这需要一套完整的张力控制系统。

大约在干燥部分的三分之二处，纸卷通过一对很重的压光辊，使纸张在还未完全干燥时增加纸张的表面光洁度。在许多机器上，在压光的同时还要进行表面施胶或表面涂布处理，过去，

这些一般都是由造纸机以外的工序完成的，现在从经济效益上考虑，造纸机大都在本机上完成上胶和涂布的工作。

槽式施胶：这种施胶方法让纸张通过一个胶池（一般是明胶、矾和福尔马林的水溶液）。这种方法只用于生产高级书写纸等少数几种纸张，从目前情况来看，表面上胶已经成为大多数造纸和造纸板机上的标准设计。最早使用的表面上胶溶液是淀粉，其它适当搭配的材料包括羧甲基纤维素、明胶、聚乙烯醇和石蜡的乳化液。在垂直式施胶中（图5-13a），纸张从两个辊子之间通过，下面的辊子在胶液中旋转，而上辊也淋以相同的溶液。在水平式施胶（图5-13b）中，胶液是盛在两个对滚的辊子的上部的。表面施胶可改善纸张的好几种特性，有几种从印刷的角度说是十分重要的，例如，表面施胶可大大减少纸张起毛的现象，减少纸张纤维从表面脱落的可能性，这在胶印印刷中还是相当有利的。表面施胶还可以改善平滑度、尺寸稳定性、防水性和纸张强度。



a)　　b)

图5-13　施胶方式
a.垂直式　b.水平式

在很长的一个时期内，采用无机颜料和粘合剂的纸张涂布都是在造纸以后单独进行的，但近年来对廉价的涂料纸的需求量日益增长，涂布现在一般都在机上进行，机上涂布的方法与表面施胶类似。

纸页离开最后的干燥滚筒之后，还要通过一组压光辊，沉重

的辊子使纸张进一步改善光洁度。在需要特别高的表面光洁度的情况下，可以在压光的滚筒中通入水。在造纸的这个阶段，纸张还是热的，并且比较干燥，所以当它通过内部循环冷水的滚筒而被冷却的时候，纸张还将吸附一层潮气，这个滚筒表面的潮气是从空气中冷凝出来的，这样纸张的湿度与大气湿度就比较平衡了。

有光纸造纸机上，纸页的最后干燥多是在一个很大的光洁度很高的滚筒上进行的，它的直径在5 m以上（图5-14）。一个胶辊把半湿的纸压在蒸汽加热的滚筒上与滚筒紧紧地接触，由滚筒带动纸张转动。采用这种方法，纸张在干燥的同时还会使纸的背面压光。这类机型造出的纸还有牛皮纸、招贴纸等。

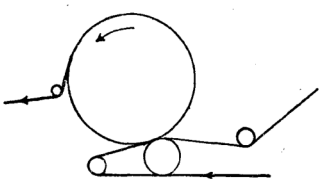


图5-14　纸张通过抛光的滚筒

在造纸时，将两张纸的背面在潮湿时就粘贴在一起，就可以避免在单网机上造成的纸张两面性能的差别，复合在一起的各层纸间的材料可各不相同。

三、纸板生产

当纸张超过一定厚度时，更正确地说应称为纸板，一般用纸的定量来区分，这个分界线定在200g/m²。纸板所包括的范围很广，包括箱板纸、卡片纸、封面纸板和草板纸等。

纸板也可以在单网和多网的长网造纸机上生产，但现在生产纸板采用圆网机，圆网机上有一个丝网粗筛滚筒，这个滚筒在一个装有稀释纸浆的大缸中不停地转动，当它在转动的同时，滚筒的网上就粘上一层潮湿的纤维，纸浆中的水会从网孔中排掉，然后纤维层被传递到一条连续毛布的下面，网孔滚筒的上部有一胶

辊压在纸的上面（图5-15）。在现代纸板机上可以串联许多单机，有时多达8组。每一组都传递一层纸浆到同一条连续的毛布下面（图5-16）这些潮湿的纸浆层交织在一起就形成纸板。由于可以通过增加缸的数量来增加纸板的厚度，因此这种生产体系有很大的灵活性。它还可以分别在各缸中加入不同的纸浆，这样可以生产由不同成分重叠而成的纸板。例如，纸盒纸板一般由两层或几层不同材料不同厚度的纤维层组成，这样的纸板包含有：

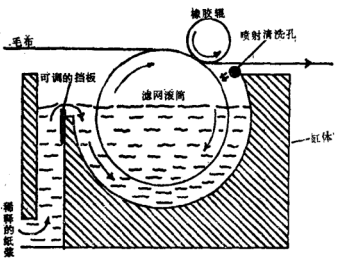


图5-15 反流缸

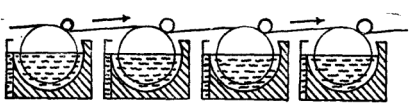


图5-16 多缸复合纸板机

①表层：由强度较高的化学纸浆和一些填料组成，表面白而且平滑，适于印刷；

②中层：强度差而呈灰色，由废纸纸浆组成；

③底层：强度和颜色介于二者之间，由化学和机械木浆混合而成。

每层的厚度一般由两层或几层纤维层组成，视需要而定。在上述例子中，表层可能在1、2两缸上形成，而3～6缸的纤维

形成中层，7、8缸的纤维形成底层。这样生产的纸板虽然采用了50%的废纸纸浆，但仍然具有较好的外表和印刷适性。

纸板生产的纸浆准备和造纸纸浆准备的原理相同，但由于纸板厚度越大就意味着在机器上要排掉更多的水，为了保证良好的排水性能，纸浆只做轻微的打浆或精制处理。由于废纸在它的生产过程中已经经过打浆处理，所以它只需要彻底的净化和疏解，如前所述的水力打浆机就很适合于疏解成捆的废纸。

在比较老式的圆网机上，一般使用逆流浆箱，在逆流浆箱中纸浆流动的方向与圆网滚筒转动的方向是相反的(图5-15)。在现代的顺流浆箱中纸浆与丝网运动方向相同，这样改善了纸的构造（图5-17）。

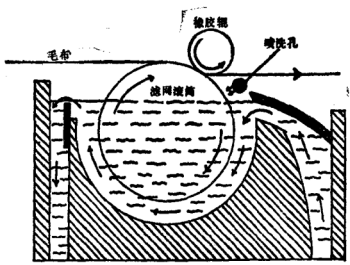


图5-17　顺流浆箱

在毛布上经过复合后的纸浆板还含有85%的水分。和纸张的生产一样，大部分机器都采用压力、抽吸和加热来除去多余的水分，而且抽吸装置所占的比例变大了。

纸板机的干燥部分也与造纸机类似，但干燥滚筒的数量要多一些，纸板机的转速一般较慢，以除去纸板中大量需要排除的水分。干燥部分包括一个或几个压光辊，以及表面施胶或表面涂布的装置。通常有个裁切装置将纸板切成单张纸板。

夹网式造纸机用于制造纸板和厚纸，纸浆中的水是从纸张上

方和下方两个方向同时排出的(图5-18)。纸浆刚离开贮料箱之后即在形成辊下开始夹在上、下两个丝网之间,这两个丝网带着纸浆通过自动调整板,调整板是一个坚硬的刮刀轻轻地压在丝网上,这样水就从纸浆中挤出来,沿倾斜的刀背进入导水盘流出排走,纸浆中大部分水是通过分别安装在上、下方的吸水箱抽掉的。几个夹网装置可以连机使用来生产多层纸浆的纸板和厚纸。在复合过程中,各层纸浆是依次复合在第一层纸浆上的。这样,各层纸浆中的大部分水分都是从上部排出的。夹网机的主要优点是运转速度比较高,而且也使纸浆结构和各层间的粘合得到改善。

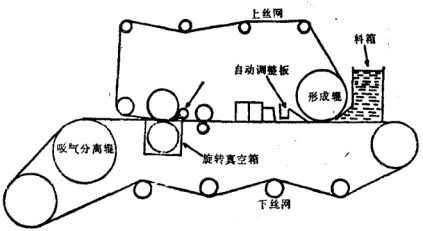


图5-18 夹网式造纸机工艺原理图

封面纸板的生产工艺比较落后,湿的纸页层一般是从一个丝网滚筒装置上传递到一个木制或铸铁的辊上,直到它达到所要求的厚度,然后把纸板压在棉花纸或黄麻纸之间,再裁切成单张。经过干燥后,纸板还需经过两个重辊滚压使表面坚硬、平滑。

第三节 纸和纸板的压光和后期处理

纸张在造纸机上卷成纸卷后,在送到印刷厂之前,还要进行几道工序。这几道工序影响纸张的光洁度和纸张的表面特性,这些性能对印刷来说尤为重要。

一、压　光

压光工艺对纸张或纸板的表面特性有很大的影响，尤其是纸张的平滑度和表面光泽。压光工艺，如果只需要简单的和中等程度的压光，可在造纸机上完成，如果需要较高程度的压光，那就需单独进行超级压光工序。压光机主要靠压力实现压光，而超级压光机不仅靠压力还有摩擦力。

在造纸机本机上，压光纸辊的数量和种类是可以改变而获得不同范围的光洁度，一般最后一组干燥滚筒之前就有一套中间压光辊。根据压光的不同需要，干燥后的纸张还要经过机上压光辊，每组压光辊由3～7个光滑的冷却铁辊组成，其中有几个是由蒸气加热的。有光纸是单面压光，它是半湿的纸紧紧与一个巨大的高光洁度的加热滚筒接触来完成压光的。

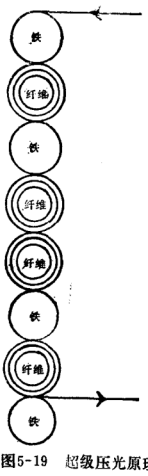


图5-19　超级压光原理

要进行超压光处理的纸张在纸张卷起之前需喷水润湿，然后在分离的压光设备上进行超级压光处理。超级压光机由一组垂直排列的偶数个辊子组成，辊子约有8～12个。造纸机中用于压光的辊都是冷却铁辊，而超级压光机的辊子是富有弹性的纸辊与直径较小的蒸气加热铁辊交替组成。纸辊由棉花、羊毛或亚麻纸一层层包覆在辊子轴上再压缩成型，再将表面磨圆抛光。

最上的辊子和最下的辊子是冷却铁辊，中间交替为纸辊和冷却铁辊，这样，压光时，在上半部的正面与铁辊接触，而反面与纸辊接触，在下半部却相反（图5-19）。

超级压光机的线压力在35kN/m到250kN/m，除了辊间压力

之外，由于辊子直径的差异造成弹性纸辊的滑动作用对压光纸起主要作用。这时压光是依靠压力作用和转速差所引起的摩擦这二者结合来完成的。这两个条件都是可变的，随着纸张的类型不同而不同。经过很好打浆的纸张比较容易压光，而保留了纤维原始结构的纸张，弹性很大，所以压光比较困难。

摩擦压光是生产高光洁度纸张的一种方法，纸张在通过压光辊之前要使表面潮湿，并由两个专门的加热涂蜡辊在纸的表面涂蜡。相邻辊子的驱动速度是不同的，速比为2∶1。这样，摩擦、压力和加热的综合作用，使得经涂蜡的纸产生一个光滑的表面。当涂料纸需摩擦压光时可事先将石蜡加在涂料中，也可达到同样的效果。

二、裁　切

造纸机造出的卷筒纸的宽度比成品的规定宽度宽，也比压光机和涂布机等一些后处理机器的规格要宽。因此要把机器造出的较宽的卷筒纸裁成比较窄的卷筒纸，并且把纸张两边参差不齐和厚薄不匀的毛边切除。这是在一个裁切平台上进行的，纸张在控制张力的情况下高速通过一对可调整的圆裁刀，上刀与下刀相对成一锐角，下刀是由一转动轴驱动的。裁切后的纸卷再复卷在一个由纸板做的芯轴上，纸卷的直径和宽度都有一定的规格，便于搬动和使用。切下的纸边还可以重新制成纸浆用来造纸。

将卷筒纸切成单张纸，可与纵裁分开，但是假如纵切后纸张不再进行压光或其它加工的话，裁单张和纵切可联合操作。卷筒纸从一把固定的刀上通过，这把刀与纸张前进方向垂直，长度大于被裁纸卷的最大宽度。裁切时，一把装在一个曲柄滑块机构上的与固定刀成一定张角的裁刀与固定刀作剪切动作将纸裁断。纸张的裁切长度可以通过改变曲柄的转速来调整。

现代高速裁单张纸可同时裁切12个纸卷，这样一次可裁出12张纸。裁切时，下12个纸卷可以装在一个可转动的装置上，当前12个纸卷裁完时，新纸卷可以转到切纸机上，这样可使机器的停

机时间保持在最小。这种裁切方法必须引起印刷工作者充分注意，因为印刷机使用的同一纸堆的纸张可能来自不同的纸卷，由于不同纸卷的纸的性质可能不同，因此印刷效果就会产生定周期的循环。例如，每次裁四层的裁单张机裁切的纸卷中，如有一个纸卷的纸在吸油性方面比其它的纸要低，那么收纸台上的纸中每四张纸就有一张墨色较重，这样印品的视觉效果不一致，干燥速度也不同。

现代裁单张机有许多辅助装备，如纸张自动计数装置、消除静电装置等。

对于造纸工人来说，经济的裁切可充分利用纸张，避免纸张的浪费。因此，为了尽可能利用造纸厂造出的原始纸卷，有时采用复刀裁切，例如，切边后的纸卷的宽度是2700mm，而准备裁切的纸张的规格为787mm×1092mm，那么这个纸卷可切成两个宽为787mm的纸卷和一个宽为1092mm的纸卷。这种裁切方法虽然可以尽可能地利用纸卷的宽度，而且浪费很少，但这给印刷业带来很大麻烦，由宽为787mm的纸卷裁成的纸张，其长边是直丝缕的，而从1092mm纸卷裁成的纸张其长边是横丝缕，当纸张的潮湿度发生变化时，直丝缕方向和横丝缕方向的尺寸变化率是不同的，横丝缕方向的尺寸变化率要大得多。因此，为了保证纸张长度变化量最小，印刷纸张的长边往往是直丝缕方向。在套印几种颜色时，两个印刷机组间的任何纸张尺寸的变化都可能造成套印不准，而在胶印机上，纸张在润湿液的作用下，每通过一个印刷机组，大约要吸收0.2%的水

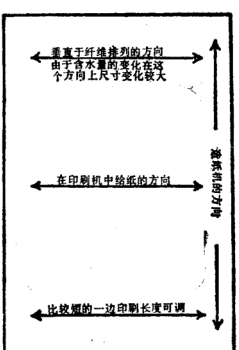


图5-20 纸张丝缕方向与印刷的关系

分，可使纸张的尺寸造成变化。在许多印刷机上，宽度方向（即滚筒周长方向）是可以调整的，而长度方向（即滚筒母线方向）就不能调整，所以将直丝缕方向做为纸张的长度方向的优点就在于此，因为纸张在宽度方向的较大变化可以在印刷机上调整（图5-20）。

因为这些原因，用于胶印的纸张在裁切时更需考虑印刷厂的需要。

三、涂　布

纸张或纸板的印刷适性可以通过涂布大大改善。由于纸张是由天然纤维组成，所以不可能是完全均匀的。用细细的矿物颜料和粘合剂在纸的表面涂布上很薄的一层，可明显改善表面质量。涂料混合物中的无机颜料的细微颗粒可以填补不平整的表面，从而改善纸张表面的平滑度、油墨的吸收能力、纸张的外观和其它一些与印刷适性有关的性质。

涂布的物质基本上是由矿物颜料和粘合剂两部分组成，这两部分是均匀混合的。所使用的矿物颜料与造纸时作为填料所使用的一些物质类似，但这些矿物颜料的颗粒必须更细。通常所用的材料有经过精选的高岭土、碳酸钙、硫酸钡、二氧化钛以及硫酸钙和铝土（缎光白）的混合物。比较昂贵的颜料如二氧化钛，一般不单独使用，而是和其它一些颜料混合使用的。颜料的混合物完全分散在粘合剂中，因此颜料受水润湿的性能很好，而涂料中的粘合剂所起的作用有两个，一是在涂布机上作为载色剂，二是使颜料的薄层牢固地粘附在纸的表面上。粘合剂的性能还影响到油墨转移时的接受性，并影响油墨的渗透速度，因此也就影响到油墨的凝固速度和光泽。涂布剂中的粘合剂的组成包括象淀粉和干酪素等天然材料和人造聚合物，如苯乙烯-丁二烯、丁二烯-丙烯腈。这些人造聚合物一般都呈液态，掺入干酪素或淀粉组成涂布混合剂，比例为一份粘合剂和七份颜料，其它添加物包括消泡剂、使涂层带颜色的染料或颜料、作为固化剂的甲醛、改善表面

压光性能的石蜡涂剂。

虽然表面涂布层可以在某种程度上掩盖纸张内部的不足之处，但并不是所有的纸都适合于涂布。适于涂布的原纸必须平滑度良好、平整、没有表面缺陷，如果有缺陷，在涂布的过程中，表面的缺陷（如破损等）会加大，而且原纸的厚度和组织必须均匀一致，否则这种不规则在涂布或印刷过程中会表现出来，涂料纸的平滑度程度主要取决于纸基的平滑度情况。当然，影响的大小随涂布的方法不同而不同，例如，在空气喷涂工艺中，虽然涂层的厚度均匀一致，但它仍然保持了纸张原来的坑洼不平情况。

纸张的涂布方法在近几十年发展很快，传统的涂布方法是在造纸后单独进行的，近来大都是在造纸机上进行涂布的。传统的方法是由手工用刷子涂布，现在仍然有采用刷涂去生产一些高质量的涂料纸的，但现在涂布采用的技术已大大不同了，不仅有刷涂式，还有空气喷涂式、辊式、定量棒式、刮刀式、铸涂式。

在刷式涂布中，卷筒纸原纸通过一个巨大的滚筒，涂布剂通过一个旋转的刷子或辊子（图5-21）涂布在纸的外表面，当纸张围绕着滚筒运动时，涂布剂被一组刷毛渐渐变细的刷子涂布均匀，刷子不停地从一端运动到另一端，在纸宽方向上摆动。涂布量采用改变料斗辊的位置和改变摆动毛刷的压力的方法来调节。在离开滚筒之后可以使纸张通过一个抽气箱并且绕在晾纸架上，它带着这种环形的纸张通过加热干燥室。这种涂布机的干燥速度仅为60m/min。当采用更现代化的隧道式干燥代替辊子和晾纸架干燥时，速度可增加到250m/min。这个速度从现代的标准来看仍然很慢，但是刷式涂布仍用来生产高质量的涂料纸。

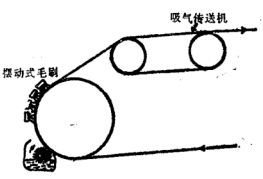


图5-21　刷涂法

在空气喷涂式方法中，首先在一个辊上涂布过量的涂布剂，

然后再通过一个空气喷嘴控制涂布量并平整涂布剂（图5-22）。在刷式涂布中涂布剂必须有较低的粘度，这样，涂布剂中固体含量相对来讲比较低（只有35～45%），而在干燥隧道中必须蒸发掉大量的水分。而这种空气喷嘴方式的运转速度也要受到其它因素的限制，这是由于在空气喷嘴的作用下，粘土有粘附作用。这种工艺的另一个特性是涂布在纸基的凸处和凹处的涂层厚度是一致的，涂布后的纸张仍保持原纸的表面轮廓。

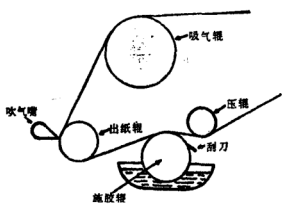


图5-22　空气喷涂式涂布机

涂布辊的形式从简单的双辊到一组完善的多辊机构，形式多样。在垂直式施胶中，纸张通过两辊间狭缝，这两辊间的位置就形成了一个小型贮料池，施胶工艺一般是在造纸或造纸板机上进行，同时纸的两面都要进行施胶，用同样的方法也可以只给纸张的一面施胶。涂布也可采用与施胶相同的双辊机构。当涂布层最厚时，这种加工装置的速度仅为300m/min，这个速度并不快。现在又发展起另一种涂布辊系统，带有更有效的计量（控制涂布量）和展匀涂布剂的装置。在造纸机由一列小窜动辊传出一层很均匀的涂布胶膜到两个大的涂布辊上，这两个大辊的驱动速度不同(图5-23)。这种多辊涂布机较先进，用来解决涂布剂打匀的问题和涂布表面的起皱现象。

在计量棒式涂布工艺中，靠一个反向转动的辊来涂布上一层过量的涂布剂，而通过一个计量棒控制纸上涂布剂的数量（图5-24）。这根棒也可以由一个驱动杆代替，驱动杆的表面可以是光滑的，也可以包有一层丝网。这种方法很简单而又有效，因此广泛地用在造纸机上完成涂布，它的速度可达到360m/min以上。

刮刀式涂布法近年来发展较快，并且有取代辊子式涂布的可

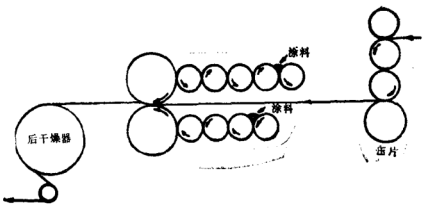


图5-23　造纸机上的辊子涂布

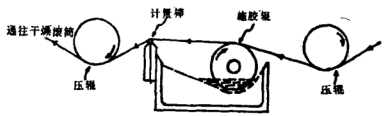


图5-24　计量棒式涂布机

能。它的运转速度高达1200m/min。卷筒纸绕在一个大胶皮滚筒表面上，由一个有弹性的弹簧钢刀片把纸张压在胶皮滚筒上（图5-25）。涂布剂就贮存在刮刀和滚筒之间，滚筒和刮刀的两端用挡板挡住。更先进的刮刀式涂布机都是在这个基础上发展起来的，在弹性刮刀涂布机中，涂布剂是盛在滚筒下方的一个胶槽中，刮刀组成胶槽的前端，这套系统是封闭的，所以涂布剂可由压力泵加入料槽中（图5-26）。槽子对辊的向上的压力是可调的，它提供了控制刮刀和纸张间的压力的方便方法，同时也减少了刮刀磨损。在改进型刮刀式涂布机上利用上料辊在纸张上涂布过量的涂料，然后由弹簧刮刀刮掉多余的部分，在纸的表面留下

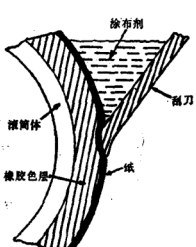


图5-25　刮刀式涂布机

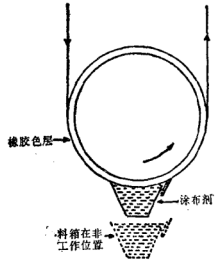


图5-26 弹性刮刀涂布机

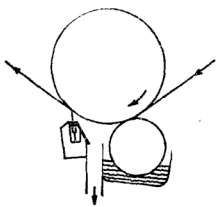


图5-27 改进型刮刀式涂布机

一层平滑的涂层（图5-27）。多余的涂布剂刮下后仍可重复使用。所有的刮刀式涂布装置都可使用高粘度的涂料（其固体含量在65%以上），这样可相应减少烘干时间，达到提高机器转速的目的。刮刀式涂布方法一般能够产生很平的表面，避免了象空气喷涂那种保持纸基表面形状的现象，也克服了辊子式涂布造成表面起皱的现象。它的缺点是在涂布层较厚的情况下效果不够理想，并且由于速度高、拉力大，纸基上任何缺陷都会造成纸带断裂。

纸板的涂布大都是在造纸机上采用计量棒式和空气喷涂式工艺进行的。

在造纸机上涂布的纸张一般都是产量较大的纸张，涂布的方法大都采用辊子式涂布和计量棒式涂布。机外涂布方法的速度近年也有所提高，成本也较低，加上生产的灵活性、质量稳定等优点，对多种不同的纸张都很适合。两种或几种不同的涂布方法可以一起使用，以结合各自的优点。例如，空气喷涂式涂布可以放在刮刀式或计量棒涂布之后。

假如压光的程度要求很高的话，那么超级压光和上胶就可以紧跟在涂布之后进行。例如铸涂式涂布工艺(图5-28)。这种工艺产生出最平滑的涂布表面，它是使纸张涂布表面的一面与一个高

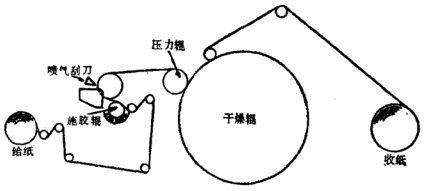


图5-28　铸涂式涂布工艺

光洁度的加热滚筒表面相接触，滚筒表面为镀铬表面并抛光呈镜面。在纸张与其接触干燥的过程中，这种光洁度在接触干燥后会使涂层表面也获得很高的平滑度。

四、其它整饰工艺

在造纸之后还可以进行其它几种工艺，但这些工艺对印刷工作者来说，意义就远不如上述的重要。

槽施胶是一种传统工艺，这种工艺是在造纸机后再使卷筒纸通过一个施胶池。这种胶料一般为含5～7.5%明胶的溶液，其中还有一定的矾土作为硬化剂，福尔马林作为防腐剂。纸在溶液中浸过，多余的胶料由橡胶挤压辊从纸面上除掉，然后传递到一个由木板条组成的敞开滚筒上在热空气中慢慢干燥。槽施胶使用明胶，一般制造以破布为原料的高档笔记本纸，而较便宜的纸一般都在造纸机上进行表面施胶。

除传统的槽施胶工艺之外，近代发展了对纸或纸板进行塑料覆膜的工艺，这就使纸张在包装方面成为很重要的材料，它们仍然保留了纸和纸板的优点，例如好的印刷适性、价格低，同时也具有人工聚合物的特殊的优点，如防化学药品性、弹性、光洁度、较好的防潮性能。覆膜工艺使用的聚合物中应用最广泛的是聚乙烯塑料薄膜。将聚乙烯小颗粒在一个加热炉中熔化，然后经过一个模具成为熔融状的薄膜直接附在纸和纸板的表面。其它聚合物

覆膜工艺可以在印刷之前，也可在印刷之后进行。

对于包装纸和纸板来说，上蜡工艺可以改善防水性能。表面上蜡工艺一般都是在印刷完成以后进行的，大家熟悉的例子是面包包装纸的生产。然而，在其它工艺中，石蜡是完全渗透到纸张里边去的，并且纸张表面仍然能够接受油墨。

五、晾　　纸

纸张的尺寸随湿度的改变而改变，这是纸张作为印刷材料的一个最大的缺点。在多色印刷中纸张尺寸的变化会造成套不准的现象，而使最后的印品模糊不清、起皱。纸张部分干燥或润湿时，纸张尺寸也发生局部改变，而产生不平整的现象。例如将纸堆放置在潮湿的环境中，纸张的边缘吸收的水分要比纸堆的中心吸收的水分要多，纸边的膨胀也比中心的膨胀要大，造成纸边呈波浪状。这种纸边以及收缩发紧的纸边、卷曲的纸边都会给输纸和收纸带来麻烦，印刷后也会使印品产生折皱，随着高速印刷机的不断发展，对纸张的平整度的要求也就日趋增长。

大多数印刷纸张的含水量，在造纸机上生产出来时在3～6％之间。这种含水量的纸张放在印刷车间中，还会吸收空气中的水分，直到含水量为6.5～8.5％时为止，取决于印刷车间的相对湿度。这样，纸张的长、宽、高三个尺寸都会增加，增加百分比率最大的是厚度方向，最小的是纵向，纸张横向尺寸的变化约为纵向的十倍，这是因为一根纤维的尺寸变化时，纤维的截面积变化大，而长度方向几乎没有变化，或有时也有稍许缩短的情况，将相对湿度从0转变到100％时，纤维的直径增加20％，而长度仅增加2％，某些纤维的直径增加量可达长度方向增加量的20倍。

晾纸的目的是增加纸张的湿度，使纸张的形变发生在印刷加工之前，并减少造纸时纸张在张紧力作用下在干燥过程中产生的内应力。在现代的晾纸机上，卷筒纸垂直地自上而下地通过一组调湿箱，在这些箱中流动着与纸运动方向相反的空气流，这些空

气的相对湿度和温度可以自动地调整到适当的程度。纸张经与潮湿空气接触后，其所含的水分与空气的相对湿度平衡，然后在无拉伸的情况下复卷。如果印刷车间具有空调设备，一年四季能保持同一温度和湿度的话，印刷厂可要求造纸厂制造具有相同湿度的纸张。这样，注意力就放在纸张的包装、运输和贮存的条件上，而无需考虑纸张的调湿问题。

晾纸的另一个优点是它可消除纸张的静电荷。这些静电荷大都是在造纸机干燥部分产生的，同时，纸张晾纸后增加了湿度，也使后续工序产生静电荷的可能性减小了。

国内的晾纸方法一般是把一沓沓的纸分别挂在一个个传送器上，传送器使纸张在车间的空气中悬挂24小时，使纸张的含水量与车间空气中的相对湿度充分平衡。

纸张的吸湿速度也不相同，一般来讲，粗糙的纸张吸湿速度快。纸张的脱湿和吸湿都需一定的时间，而且这个时间的长短还与通风条件（风速）和其它一些条件有关。单张纸从相对湿度为65%的环境中移到相对湿度为0或100%的环境中，要二、三个小时以上才能平衡。卷筒新闻纸在高湿度下保存，6个月的时间湿气渗透大约125mm。

第四节　纸和纸板的分类

前面各节介绍的是纸张的原材料及生产方式，已经谈到造纸时可以通过许多途径来改变纸张产品的特性：首先是纤维和非纤维材料的选择问题；还可以改变填充料的含量和施胶的程度；打浆的条件也可以改变；在不同种类的机器上生产纸板和纸张；即使在同一台机器上生产，生产条件在许多方面也都是可以调整的；纸张的最终特性可能会受到涂布、压光或其它一些压光操作所限制。由于这些条件都能改变，因此可以认为能够生产出无限多的品种的纸张。每一种纸张都有其一套特性，在很大程度上可以通过测量给予规定，这些测量的项目有：厚度、紧度、平整

度、吸水性、光洁度、透气性和不透明度等等。事实上，从经济的角度上考虑，纸张生产的种类还是有限的，任何一个工厂都只集中生产设备所限的几种纸张，再加上专业化和标准化生产的限制，最后可以归结为数百种不同的纸张。假如订货数量足够大，价格经济，那么仍然可以根据印刷厂的特别需要生产特殊的纸张。

不过，纸张还是可以根据不同的特征来分类的，如根据制造方法的不同可分为涂料纸和非涂料纸；根据上胶与否可分为上胶纸和非上胶纸；根据染色与否可分为白纸和色纸，白纸又可分为有增白剂的纸和无增白剂的纸；根据纸张的规格可分为卷筒纸和平板纸；根据印刷方法不同可分为凸版纸、胶版纸、凹版纸等；根据印刷品特点可分为新闻纸、封面纸、证券用纸、地图纸、邮票纸、像纸、招贴纸等；根据定量不同可分为纸、卡纸、纸板等。分类方法甚多，不一一列举。

我国轻工业部将纸张和纸板分为十七个类别，其中纸张十一类、纸板六类：

1.纸张：

①印刷用纸；

②书写纸；

③制图、图画纸；

④电绝缘纸；

⑤卷烟纸；

⑥吸纸；

⑦计器用纸；

⑧感光纸；

⑨转印纸（原纸）；

⑩工业技术用纸；

⑪包装纸。

2.纸板：

①装订纸板；

②制盒纸板；
③绝缘纸板；
④工业技术用纸板；
⑤建筑纸板；
⑥制鞋纸板。

在本节只介绍与印刷业有关的纸张和纸板。

印刷所用的所有纸张都必须是能接受油墨的，并且有适当的强度、光学特性和颜色。在实际印刷操作中需有一定的最小强度，但在印刷之后，印刷品的使用寿命要求就大不一样。例如，对于短期使用的报纸，纸张的强度和耐久性的要求不很重要，而对于参考书、工具书所用的纸张，这两项要求又变得非常重要。假如纸张不透明度差，那么印刷的图文就会在纸张的反面显现出来，当纸张进行两面印刷时，这个影响特别地显著。

印刷用纸都要求纸张有较好的均一性，纸张均匀与否对印刷品的质量有很大的影响；印刷用纸都要求纸张表面无外观纸病，如果纸张有褶子、皱纹、有光泽或无光泽的道子、机械损伤、肉眼可见的洞眼、硬质块、斑点等，都会使印出的印刷品成为废品；纸边应整齐、洁净；打开纸件后，纸件内的纸张不允许有波纹；纸件中成件方向应一致，不允许纵横向不同的纸张相混在一起。因为纵向的变形小，横向的变形大，不同方向的纸张混置在一起时，会给印刷工人调整机器造成困难，影响图象套准精度；一批纸张的颜色应一致，如颜色有显著差别的纸张印成一本书，会使书籍的外观大为逊色，如用于印刷彩色印刷品，则无法调整油墨的色相；卷筒纸应卷取一致，断头要少、接头应牢固。

一、新闻纸

新闻纸，又称白报纸，用于印刷报纸、期刊及一般书籍；也可用于胶印，印刷一些连环画及期刊。新闻纸是用90%左右的机械木浆抄制而成，加入10%左右的漂白化学木浆以增强强度。但由于我国木材资源的限制，许多造纸厂都不能按这个配比进行

生产，而是根据当地的原料来源，用化学草浆、苇浆、蔗渣浆等代替机械木浆生产新闻纸。

新闻印刷的特点是时间，因此一般都在高速报版轮转机上进行印刷，所用油墨为吸收干燥型油墨。在高速印刷机上印刷速度非常快，每秒钟要印 2 ～ 4 m，印版与纸张接触的时间非常之短，要使油墨能很好地转移，则需要有比一般印刷方法高很多的压印力，如果压印滚筒与印版滚筒的接触宽度为 12～15mm 时，压印力可达 40～70kgf/cm²。同时，如果是套色印刷，从前一印版滚筒到第二印版滚筒只有不到 3 m 的距离，印完第一色到印第二色的时间只有 0.4 s，因此，不仅对油墨有要求，对纸张的吸收性也有很高的要求。

新闻纸多为卷筒纸，在印刷中最忌讳断纸，因为每断一次纸都要使印刷操作停止 2 ～ 3 分钟，而且如果断纸时损伤印版或橡皮布，则更要延长停机的时间，印刷工人只能降低印刷速度以迁就纸张的强度。因此，对新闻纸的抗张强度有一定的要求。断纸的原因很多，它受印刷速度、车间的温湿度和运输条件等因素的影响，但卷筒纸的卷取均匀程度，纸边有无运输时碰伤、裂伤等纸病，接口的接合牢度都是产生断纸的主要原因。用于胶印印刷的新闻纸不仅需要很好的机械强度，为了抵抗粘度较高的胶印油墨将纸张拉毛，纸张对纸张表面强度的要求较高。

新闻纸因有适当的填料，以及浆料中短细纤维比例较大，其不透明度较好，适合两面印刷的需要。新闻纸经超级压光后能够复制粗网线的图片，但经压光后的纸张紧度相应增加，吸油性急骤变坏，但平滑度如能相应地提高，则印刷适性也能得到改善。

印报刊用的新闻纸是直接与印版接触的，由于新闻纸表面粗糙，则纸张要求松软、压缩性好，才能获得清晰的图文。

新闻纸一般不施胶，其抗水性较差，印刷时要注意纸张伸缩性给印刷质量带来的影响。用于平版印刷时，版面的水分不要太大。

新闻纸的主要成分是机械木浆，它含有大量的木质素及其它

杂质，见光后，纸张易变脆变黄，因此新闻纸不宜长期保存，也不宜印刷长期存放的书刊。

新闻纸有卷筒纸与平板纸两种。卷筒新闻纸的宽度有1572、1562、787、781 mm 四种规格，而平板纸的幅面尺寸为787×1092mm。主要规格尺寸如下表所示。

表5-4　　新闻纸主要技术指标（GB1910-80）

指标名称	单位	规定		试验方法
		一号	二号	
1.定量	g/m^2	51^{+1}_{-3}	51^{+2}_{-3}	GB451-79
2.断裂长				
卷筒纸纵向不小于	m	2700	2500	GB453-79
平板纸纵横向平均不小于		1900	1700	
3.平滑度				
正反面平均不小于	s	40	25	
正反面差不大于	%	30	30	
4.尘埃度				
0.5～4.0mm^2不多于	个/m^2	150	300	GB1541-79
其中1.5～4.0mm^2不多于		20	30	
大于4.0mm^2		不应有	不应有	
5.白度	%	50	45	GB1542-79
6.灰分	%	4	6	GB463-79

二、凸版印刷纸

凸版印刷纸主要供凸版印刷书刊用，一般不用于其它印刷品，其浆料配比略优于新闻纸，在一号凸版印刷纸中，漂白化学木浆不少于50%，其余为机械木浆、化学苇浆及其它草类纸浆；二号凸版纸中，化学木浆、漂白化学竹浆不少于35%，其余为机械木浆、化学苇浆及其它草浆。造纸时，凸版印刷纸的浆料也比新闻纸好些，纸张用一定量的填料或胶料填塞纤维间的空隙，其性质如纸张的均匀性、平滑性与抗水性等都比新闻纸强些。

凸版印刷时，纸张直接与印版接触，这要求纸张的压缩性要好一些，以便使纸张与印版接触良好，这样印版图文表面的微小不平度不致于影响印刷出的图文的清晰度。同时，凸版印刷纸需有一定的平滑度，全幅、正反面的平滑度要一致，不要相差太大，否则印出的图文两面的清晰度不一致、色调深浅不一，影响书籍印刷质量。

凸版印刷时，油墨直接从印版上转移到纸张上，印刷压力为

表5-5　　凸版印刷纸主要技术指标（QB24-72）

指标名称	单位	一号		二号	实验方法
		超级压光	普通压光	普通压光	
1.定量	g/m^2	52^{+2}_{-3} 60^{+2}_{-3}	52^{+2}_{-3} 60^{+2}_{-3}	52	
2.紧度，不小于	g/cm^3	0.80	0.65	0.60	
3.裂断长	m				
卷筒：纵向不小于		2400	2400	2200	
平板：纵横向平均不小于		2000	2000	1800	
4.耐折度（往复次数）	次				
纵横向平均值不小于		3	3	2	
5.平滑度					
正反面平均不小于	s	150	35	30	
正反面差不大于	%	25	30	35	
6.施胶度，不小于	mm	0.25	0.25	0.25	
7.白度，不小于	%	68～72	65～70	≥60	
8.水分	%	7^{+1}_{-3}	7^{+1}_{-3}	7^{+1}_{-3}	
9.不透明度，不小于	%	90	90	88	
10.尘埃度	个/m^2				
0.5～2.0mm不多于		300	300	500	
其中黑点1.0～1.5mm不多于		8	8	9	
大于2.0mm		不许有	不许有	不许有	
2.0～3mm黄色尘埃		4	4	6	

30～50kgf/cm²，油墨能直接压入纤维内部，主要靠纸张对油墨的吸收作用使油墨干燥，而凸版印刷纸一般用于印刷报刊及书籍，印刷速度较快，往往在轮转印刷机上印刷，这要求纸张必须具有很好的吸墨性能，与新闻纸相比，印刷速度不那么快，吸墨性不如新闻纸，但要求吸墨均匀。

凸版印刷书刊两面都有文字，又由于墨迹是吸收干燥形式的，凸版印刷纸对不透明度要求比较高。

凸版纸不能掉毛掉粉，否则细小的网点很易被堵塞而造成糊版，为使凸版印刷纸具有一定的表面强度，需施有一定的胶料，使纸的起毛现象降低。有一定施胶度的纸张是考虑到读者常在书上做笔记，轻度施胶可防止写字时产生洇纸的现象。

另外，凸版印刷纸也要求平整、组织均匀、厚薄一致（这影响到印刷压力是否一致）、尘埃少（尤其是黑色尘埃）、表面不应有坚硬物质（以免损坏印版）、纸面不应有褶子，尤其不应有死褶子，因为死褶子不能在压印过程中展开印上图文，这样印出的印刷品就不能使用了。纸张应有一定的白度，但不印彩色图片时，可以不漂得过白，允许带点黄色相，读者阅读时就不会因白纸黑字刺激过于强烈而使眼睛易于疲劳。

凸版印刷纸的一些技术指标请参见表 5-5 所规定的内容。

三、胶版印刷纸

胶版印刷纸，旧称道林纸，主要供胶印机上进行多色印刷，一般用来印制封面、画报、商标、插页、地图和各种宣传画。胶版印刷纸分特号、一号、二号三种，特号、一号胶版印刷纸供高级彩色印刷之用，原料主要为漂白化学木浆或漂白化学竹浆，也掺有一些破木浆或草浆，二号供普通彩色印刷之用，原料为半漂白化学木浆、机械木浆或草类浆。

胶印机是靠水墨平衡原理印刷的，印刷时印版上非图文部分的润湿液会把纸张润湿，纸张每印刷一个颜色，都有吸水和干燥的过程，这种吸湿和干燥的过程会使纸张伸缩变形，再往上套印

其它颜色时，就会产生套印不准，从而使图文出现不清晰等现象，为了增强纸张的抗水性能，增加纸张的尺寸稳定性，在造纸时，打浆度不宜过高，因为打浆度高的纸张纤维的帚化比较充分，短纤维、细纤维和微细纤维过多会增加纤维的外表面积，当纸张受水润湿后极易产生变形。而胶版印刷纸采用长纤维游离状打浆，并投放适量的填料和胶料，这样，纸张具有较高的施胶度，以减少纸张从橡皮布上吸收水份的数量，减少纸张伸缩的幅度。为减少纸张伸缩性给印刷带来的影响，印刷时还需注意纸张含水量的大小，以及做好印刷前的晾纸工作，保证印刷过程中，纸张接近于不变形。

短小纤维含量少的纸张还有另一个优点，纸张拉毛的现象可以减少。由于彩色印刷品中实地图案的比例比较大，在印刷时容易在油墨的粘力作用下，产生拉毛、脱粉现象，这些纸毛和纸粉掺入油墨，会使印版糊版上脏，影响印版寿命，为消除橡皮布和印版上的纸毛和纸粉，必须停机擦洗橡皮布及印版。因此，纸张表面强度也是胶版印刷纸的质量指标之一，其关系到印刷品的质量和印刷时的劳动生产率的问题。造纸时，要求造纸原材料要选择纤维长的纸浆，尽可能不掺苇浆；还要对压光工艺加以注意；填料与胶料的用量也应合适，如填料过多，易降低与纤维的结合强度而产生脱粉现象。

胶版印刷所用的油墨是采用氧化结膜干燥方式为主的胶印油墨，这种油墨印到胶版印刷纸上需有一定厚度的墨膜才能使印刷品具有光泽。因此要求纸张吸墨性不宜过高，这就需对纸张的纤维配比、填料和胶料的种类、抄纸和压光工艺加以注意。

胶版印刷纸的pH值应趋于中性或微碱性，如pH值过小时（小于4.5），油墨的干燥结膜速度过慢，甚至不能结膜，会给套印带来许多问题，油墨的色泽也起变化，使画面的色相发生改变。

胶印采用橡皮布传递油墨，橡皮布的弹性可以弥补纸张表面的不平度，因此胶版印刷纸对平滑度的要求并不高，但要求均匀一致，因为用平版印刷方法印刷的都是细小的网点。用有弹性的

橡皮布印刷可以得到清楚的图象，但印件缺少一定的光泽，要印刷高光泽的印刷品也需使用超纸压光的高平滑度的胶版印刷纸。

彩色印刷品的大部分面积上一般均有油墨，纸面如有凹凸不平的现象，印迹就不结实、出现白点，纸面有砂子、疙瘩等就会损害橡皮包衬及印版，因此，胶版印刷纸要求没有表面缺陷。

胶版印刷纸印的多是彩色图片，为使油墨能够复原出原稿的色调，要求纸张要有一定的白度，使印出的颜色鲜艳、色泽分明，如用颜色发暗的纸张印刷，则整张画面的反差（高光与暗部之对比度）降低，色相也无法正确复制。胶版印刷纸纸浆的配比采用了50%以上的漂白化学木浆（其余掺进其它浆料，如破木浆、短绒浆、竹浆、稻草浆、麦草浆及苇浆，因地而异）。

超压胶版纸也用于凹版印刷，这样，纸张的某些性质与胶印的要求不同，一般要求有高平滑度以及较好的压缩性，白度高些，纸张均匀性好一些，表面强度可降低一些。

胶版纸的压缩性并没有太大的意义，因为平印橡皮布的弹性超过纸张许多倍，纸张的压缩性不佳并不影响油墨的传递。而纸张的压缩性大的反而对印刷质量有害，因为这有可能造成堵版。

胶版印刷纸的一些主要技术指标应符合下表的规定。

表5-6　　胶版印刷纸的技术指标（QB25-80）

指标名称	单位	规定					试验方法
		特号	一号		二号		
		（超压）	超压	普压	超压	普压	
1.定量	g/m^2	70±3 80±3 90±3.5 100±4 120±5	70±3 80±3 90±3.5 100±4 120±5	70±3 80±3 90±3.5 100±4 120±5 150±6 180±7	70±3 80±3 90±3.5 100±4 120±5	70±3 80±3 90±3.5 100±4 120±5 150±6 180±7	GB451-79
2.紧度不小于	g/cm^3	0.8	0.8	0.7	0.8	0.7	GB451-79
3.白度不小于	%	87	82	82	77	77	GB1542-79

续上表

指标名称	单位	规定					试验方法
		特号	一号		二号		
		（超压）	超压	普压	超压	普压	
4.平滑度							GB456-79
正反面均不小于	s	100	100	42	100	30	
正反面差不大于	%	20	20	20	25	25	
5.施胶度	mm						GB460-79
100g/m²以下的不小于		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	
等于或大于100g/m²的不小于		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
6.灰分不小于	%	8	8	8	8	8	GB463-79
7.尘埃度	个/m²						QB59-60
按最大长度测试							黑色尘埃以平板纸5平方米测定的平均值折算为每平方米的尘埃个数
0.25～0.5mm不多于		100	—	—	—	—	
0.5～2.0mm不多于		50	120	120	200	200	
大于2.0mm		不许有	不许有	不许有	不许有	不许有	
其中黑色尘埃							
0.5～1.5mm不多于		2	6	6	12	12	
大于1.5mm		不许有	不许有	不许有	不许有	不许有	
8.伸缩率							GB459-79
浸湿后横向不大于	%	+2.5	+2.5	+2.5	+2.5	+2.5	
9.裂断长	m						GB453-79
纵横向平均值不小于：							
平板纸		2400	2200	2200	2000	2000	
卷筒纸（纵向）		3200	3000	3000	2800	2800	
10.耐折度（往复次数）横向	次						GB457-79
100g/m²以下的不小于		5	3	3	3	3	
等于和大于100g/m²的不小于		7	5	5	5	5	
11.水分	%	7±2	7±2	7±2	7±2	7±2	GB462-79

表5-7　　单面胶版纸主要技术指标（QB26 73）

指标名称	单位	规定		试验方法*
		一号	二号	
1.定量	g/m²	40±2.0	40±2.0	
		50±2.5	50±2.5	
		60±3.0	60±3.0	GB451-79
		70±3.5	70±3.5	
		80±4.2	80±4.2	
2.紧度不小于	g/cm³	0.55	0.5	GB451-79
3.白度不低于	%	80	68	GB1542-79
4.施胶度不小于	mm			
40～60g/m²的纸		0.5	0.5	GB460-79
70、80g/m²的纸		0.75	0.75	
5.裂断长纵横向	m			GB453-79
平均值不小于		2500	2000	
6.伸缩率浸湿后不大于	%			
纵向		+0.5	+0.5	GB459-79
横向		+2.5	+2.5	
7.平滑度正面不小于	s	40	35	GB456-79
8.尘埃度	个/m²			
0.5～2.0mm不多于		120	300	
其中：1.0～1.5mm黑色尘埃不多于		8	16	QB59-60
大于1.5mm黑色尘埃		不许有	不许有	
2.0～3.0mm尘埃		不许有	不多于4	
9.水分	%	6±2	6±2	GB462-79

* 试验方法已相应修订过——编者

四、铜版纸

铜版纸是在原纸上涂布一层白色浆料再经压光而成的纸张，又称涂料纸，用于彩色凸印、胶印、零件和凹印中的细网线图文的印刷，一般为高级印刷品，如插图、画报、样本、年历及一些高档商品的商标。其质量比胶版印刷纸为高。

铜版纸是随着网线版印刷发展起来的，由于未经涂布的纸张纤维组成的表面凹凸不平的程度比网点的直径要大得多，某些网点恰好在纤维间的间隙而无法把油墨转移到纸张上，使图象象素在这个部位无法再现。纸张经涂布浆料再经压光后，纸张表面的颜料颗粒小于网点的直径，颜料受墨性也优于纤维素纤维，因此网点能够正确地复制出来。这种经涂布的纸张一开始用于对平滑度要求较高的照相凸版印刷之上，因此人们又称其为铜版纸。现今，铜版纸不仅用于彩色凸版印刷之上，也用于平版和凹版印刷，因此，铜版纸就不再那么名符其实了。

铜版纸原纸采用优质卷筒新闻纸或胶版印刷纸，高档的铜版纸采用特制的原纸。原纸上涂布的白色浆料由颜料、胶粘剂及助剂组成。颜料有高岭土、碳酸钙、硫酸钡和钛白粉等，胶粘剂有动物胶、淀粉、干酪素、大豆蛋白、水溶性纤维衍生物、聚乙烯醇、水溶性树脂、以及合成树脂的乳胶和胶乳等。辅助剂有分散剂、增塑剂、防水剂及其它一些助剂。表面涂层必须坚固粘着在纸面上，不能有脱落现象，否则造成糊版，印件上有时产生小白斑点，就是涂料粘不牢的现象造成的。涂层表面还必须避免有过多的气泡孔，否则轻者影响印刷性能，重者印出的成为废品。纸面经超压后，光泽要一致，不能有条痕纹道，否则影响印刷色调。

铜版纸因涂有大量的浆料，其弹性较差，要使铜版纸能清晰地印出网点来，就要求纸张具有很高的平滑度，使纸张与印版紧密地接触，铜版纸的平滑度一般均在250秒以上，比胶版纸高10倍以上。这就要求浆料充分分散、调合均匀，涂布时也要均匀。

铜版纸的pH值要求在7左右（中性），pH值在8以上的可加快油墨干燥，pH值小的，油墨干燥较慢。铜版纸还要求印刷过程中油墨附着快，干燥快，干后还要衬托出光泽来，网点再现性好，这就要求铜版纸的渗透性、吸墨性都要适当，转印上的油墨要薄而印件的图象要清晰。

由于铜版纸印刷的是彩色图片，对白度要求较高，纸张要洁

白、光泽度好、不透印。

印刷高级印刷品为主的铜版纸要求套印精确，这就对铜版纸的尺寸稳定性提出要求。由于印刷时纸张的纵向是以与滚筒轴线平行的方式输进滚筒的，印刷中套印不准发生的误差多半是与纵向的尺寸稳定性有关。有人提出衡量纸张适于套印精确要求的指标，也可以用纵向伸缩性与横向伸缩性之比来衡量，此值越小，则套印越精密。

铜版纸在压印中受到的压印力很大，因此还需有一定的强度，还要具备能抵抗所用的较粘油墨墨膜产生的较大拉力的足够的表面强度。

铜版纸用于胶印时，会吸收的橡皮滚筒上的水分，这些水分会使涂料胶化、松散，松散的涂料混入油墨中，将提高油墨的粘度；松散的涂料被橡皮滚筒带到印版滚筒上，又会加速印版的磨损，并带来上脏或使空白部位接受油墨等弊病。

五、凹版印刷纸

凹版印刷纸是凹版印刷专用纸，必须适合凹版印刷的要求。

凹版印刷的特点是印版上的图文低于印版表面（凹下2～35μm），印刷时压印力比较大，约为50～100kgf/cm²，在这样大的压力下，纸张将印版上凹下部分中的油墨吸出，用热风迫使凹印油墨中的挥发性溶剂蒸发，使油墨依靠本身的树脂起作用结膜干燥。为适应这样的印刷条件，凹版印刷纸首先要有良好的平滑度，纸张平滑度不好就不能与印版滚筒紧密接触，纸张还须有很好的压缩性，没有很好的可压缩性就无法被压入印版上凹下的部分去将油墨吸吮过来。

纸张白度要求较高，如白度不够，则影响图象的反差。纸张均匀度也是很重要的，如纸质不均匀会因吸收能力不同而产生斑点，影响印刷质量。

凹版印刷纸对表面强度的要求并不高，这是因为凹印油墨比较稀薄，不会产生起毛等印刷弊病。凹版印刷纸的填料不要选择

硬度较高的填料，否则易划伤印版而降低印版的寿命；填料脱落掺入油墨中会使刮墨刀磨损加剧，导致频繁更换刮墨刀。一般其填料含量都比较低。

凹版印刷纸的吸收能力介于凸版印刷纸和胶版印刷纸之间，

表5-8　　凹版印刷纸的主要技术指标（QB322-80）

指　标　名　称	单　位	规　定 一　号	试验方法
1.定量	g/m^2	70±3.0 80±3.0 90±3.5 100±4.0 120±5.0	GB451-79
2.紧度　不小于	g/cm^3	0.85	GB451-79
3.裂断长 平板纸纵横向平均不小于 卷筒纵向不小于	m	 2200 3200	GB453-79
4.耐折度（往复次数） 纵横向平均值不小于		 5	GB457-79
5.施胶度　不小于	mm	0.25	GB460-79
6.白度　不小于	%	82	GB1542-79
7.吸收性　不小于	s	55	GB461-79
8.平滑度 正面与反面均不小于 正反面差不大于	 s %	 200 25	GB456-79
9.尘埃度，按最大长度测量 0.5～2.0mm不多于 大于2.0mm 其中黑色尘埃 0.5～1.5mm不多于 大于1.5mm	个/m^2	 120 不许有 6 不许有	QB59-60
10.灰分，不小于	%	15	GB463-79
11.水分	%	7±2	GB462-79

稀薄的凹印油墨极易渗入纸张中，因此不要求太高的吸收能力，但吸收能力太差的，油墨渗透不进去，也会在纸面上形成许多斑点，这样的现像主要发生在图象的暗部。

凹版印刷纸对尺寸稳定性要求不太严，因为凹版印刷是不用水润湿印版的，没有水的影响，纸张的伸缩率就不那么重要，纸张的抗水性也如此。

凹版印刷纸对机械强度要求较高，由于每印完一个颜色就要加热干燥一次，干燥时水分蒸发，强度便降低。反复进行几次后，强度会大为降低，因此要求有较高的抗张强度。

凹版印刷纸不允许有可见的洞眼，否则印刷时，油墨将透过该洞眼渗到压印滚筒的橡皮布之上，纸张在下一转将被该处的油墨粘住而拉破，附着在橡皮布上的纸张会损坏印版和橡皮布。

凹版印刷纸正反面的平滑度不应有明显的差别，以保证正确复制半色调图象的阶调和细微层次。

凹版印刷纸的技术指标必须符合表 5-8 的规定。

六、字 典 纸

字典纸是供凸版印刷或平版印刷字典、袖珍手册、工具书、科技资料、高级印刷品用的纸张。字典纸薄，定量小，约在 20-40 g/m^2 左右。字典纸的特点是把大量的小号文字印在小幅面的纸张之内，因此要求字典纸有较高的平滑度，否则表面凹凸不平会使印出的字迹不清，影响查阅。字典纸印刷是两面印刷，纸张那么薄，对不透明度的要求很高，这是靠在纸张中加入高比例的填料（约30%）来达到的。字典纸印成之后，要经受长年累月的翻动，需有极高的机械强度，这是靠采用亚硫酸纸浆加上一定比例的破布浆来保证的。造纸时打浆度要高，并使纸张有足够的施胶度（用于平版印刷的施胶度要比用于凸版印刷的高一些），以结合高比例的填料在纸张之中，并提高纸张的机械强度。

字典纸也有平板纸或卷筒纸之分，平板纸的幅面尺寸为787×1092、850×1168mm，卷筒宽度为 787mm。字典纸的主要技术

指标应符合表5-9的规定：

表5-9　　字典纸的技术指标（GB1912-80）

指标名称	单位	规定 一号	规定 二号	试验方法
1.定量	g/m²	25±1.3 30±1.5 $35^{+1.8}_{-1.8}$ $40^{+1.8}_{-1.8}$	25±1.3 30±1.5 $35^{+1.8}_{-1.8}$ $40^{+1.8}_{-1.8}$	GB451-79
2.紧度 超级压光机的纸不小于 普通压光机的纸不小于	g/cm³	0.80 0.75	0.75 0.70	GB451-79
3.裂断长 纵横向平均值不小于	m	2500	2300	GB453-79
4.耐折度（往复次数） 40g/m²的横向不小于 25～35g/m²的	次	4 暂不规定	3	GB457-79
5.耐胶度 不大于	mm	0.25 （即微量施胶）	0.25	GP460-79
6.平滑度 正反面平均值 超级压光机的纸不小于 普通压光机的纸不小于 正反面差不大于	 s s %	 100 50 20	 80 40 20	GB456-79
7.白度　不小于	%	79	77	GB1542-79
8.不透明度 25g/m²的不低于 30g/m²的不低于 35g/m²的不低于 40g/m²的不低于	%	 82 83 85 88	 82 83 85 88	GB1543-79
9.尘埃度 按最大长度计0.5～2.0mm的不多于 大于2.0mm的	个/m²	80 不许有	150 不许有	GB59-60
10.水分	%	6±1	6±1	GB462-79

七、其它印刷用纸

招贴纸是彩色或白色的印刷用纸，供凸版印刷或平版印刷广告、传单。招贴纸的一面比较平滑、另一面比较粗糙，平滑的一面用于印刷，粗糙面适于粘贴。纸张的施胶度较高，适用于平版印刷，而且物理强度高，可防止广告在粘贴时过分湿润以及在一定程度上防止广告在湿度大的雨天变软。

招贴纸一般为平板纸，幅面尺寸为880×1230mm、787×1092mm两种。其主要技术指标必须符合表5-10的规定。

表5-10　　招贴纸的主要技术指标（QB208-73）

指标名称	单位	规定		试验方法*
		一号	二号	
1.定量	g/m^2	50±2.5 60±3.0 80±4.0	50±2.5 60±3.0 80±4.0	GB451-79
2.紧度不小于	g/cm^3	0.55	0.5	GB451-79
3.裂断长纵横向平均值不小于	m	2500	1700	GB453-79
4.白度不低于	%	75	62	GB1542-79
5.平滑度正面不小于	s	40	30	GB456-79
6.施胶度不低于	mm	0.5	0.5	GB460-79
7.尘埃度	个/m^2			QB59-60
0.5～2.0mm不多于		150		
其中1.0～2.0mm的黑色尘埃不多于		10		
大于2.0～3.0mm不多于		3		
0.5～3.0mm不多于			300	
大于3.0～5.0mm不多于			6	
8.水分	%	6±2	6±2	GB462-79

注：按订货合同的规定可生产各种颜色的招贴纸或不施胶招贴纸。

* 试验方法一栏已经过修订。

彩报纸是用于印刷彩色报章的纸张，也常用于装糊彩灯、宣传标语等场合。彩报纸一般都是平板纸，纸张幅面尺寸为700×1000mm，其技术指标必须符合表5-11的规定。

表5-11　　彩报纸的主要技术指标（QB209-73）

指　标　名　称	单　位	规　定	试验方法
1.定量	g/m^2	38±2	GB451-79
2.裂断长，纵横向平均值不小于	m	2000	GB453-79
3.施胶度，不小于	mm	0.25	GB460-79
4.尘埃度，按最大长度测量	个/m^2		QB59-60
0.5～2.0mm		350	
大于2.0mm		不许有	
5.水分	%	6±2	GB462-79

表5-12　　印刷像纸的主要技术指标（QB742-80）

指　标　名　称	单　位	规　定	检验方法
1.定量	g/m^2	80 100±4 120	GB451-79
2.紧度　不小于	g/cm^3	0.75	GB451-79
3.白度　不低于	%	85	GB1542-79
4.平滑度　正反面均不小于	s	80	GB456-79
5.施胶度　按第三条线控制不小于	mm	1.0	GB460-79
6.裂断长　纵横向平均不小于	m		GB453-79
80g/m^2的		2400	
100～120g/m^2的		2200	
7.耐折度（往复次数）横向不小于	次	6	GB457-79
8.伸长率（浸湿后）纵向不大于	%	+0.5	GB459-79
横向不大于		+2.5	
9.尘埃度　按最大长度测量	个/m^2		QB59-60
0.5～2.0mm的尘埃不多于		85	
其中：0.5～1.5mm 的黑色尘埃不多于		5	
大于1.5mm的黑色尘埃		不许有	
大于2.0mm的黑色尘埃		不许有	
10.灰分	%	8～15	GB463-79
11.水分	%	7±2	GB462-79

印刷像纸是用彩色胶印方法印刷领袖像的两面光纸。

印刷像纸是平板纸，纸张幅面尺寸787×1092 mm。其主要技术指标如表5-12所示。

白卡纸是定量较高、较厚的纸张，用于印刷名片、书籍封皮等用，还常用作精装书籍的背脊用纸等。

白卡纸为平板纸，幅面尺寸为787×1092 mm。其主要技术指标应符合表5-13的规定：

表5-13　白卡纸的主要技术指标（QB212-80）

指标名称	单位	规定			试验方法
		特号	一号	二号	
1.定量	g/m²	200±6	200±6	200±17	GB451-79
		220±7	220±7	220±8	
		250±9	250±9	250±10	
		260±9	260±9	260±10	
		300±11	300±11	300±12	
2.紧度不小于	g/cm³	0.85	0.8	0.75	GB451-79
3.裂断长纵横向平均值不小于	m	2500	2000	1800	GB453-79
4.白度不小于	%	92	87	82	QB534-67
5.施胶度不小于	mm	1.5	1.0	1.0	GB460-79
6.平滑度正面与反面均不小于	s				GB456-79
200～260g/m²		35	30	25	
300g/m²		25	20	15	
7.尘埃度按最大长度测量：	个/m²				QB59-60
0.5～2.0mm的尘埃不多于		48	100	240	
其中：0.5～1.5mm的黑色尘埃不多于		4	12	48	
大于1.5mm的黑色尘埃		不许有	不许有	4	
大于2.0mm的尘埃		不许有	不许有	不许有	
8.水分	%	6^{+1}_{-2}	6^{+1}_{-1}	6^{+1}_{-2}	GB462-79

米卡纸是用于印刷画册、精装书籍的衬纸等美术印刷品用的，是卡纸的一种，但颜色为米色，印出的东西别有韵味。

米卡纸的纤维组织应高度均匀，两面细致平滑，但也不要太光，有适当柔软性为好。为了使印出的画册或书籍更具有艺术性，可以再压花。

米卡纸为平板纸，纸张尺寸有930×645mm、787×1092mm两种。其主要技术指标应符合表5-14的规定。

表5-14　　米卡纸的主要技术指标（QB323-80）

指标名称	单位	规定	试验方法
1.定　量	g/m^2	170±8.5 200±10	GB451-79
2.紧度　不小于	g/cm^3	0.85	GB453-79
3.平滑度　不小于	s	25	
4.裂断长　纵横向平均值不小于	m	2200	GB453-79
5.耐折度（往复次数）横向不小于	次	10	GB457-79
6.施胶度　不小于	mm	1.5	GB460-79
7.灰　分	%	5～8	GB463-79
8.伸缩率　横向不大于	%	+2.5	GB459-79
9.尘埃度　按最大长度测量	个/m^2		QB59-60
0.25～2.0mm的尘埃不多于		100	
其中0.25～1.5mm黑色尘埃不多于		4	
大于1.5mm的黑色尘埃		不许有	
大于2.0mm的尘埃		不许有	
10.水　分	%	7^{+1}_{-2}	GB462-79

盲文印刷纸顾名思义，是用于印刷盲文书籍的纸张。

盲文印刷纸一般为卷筒纸，宽度为635mm。其主要技术指标应符合下表之规定：

表5-15　　盲文印刷纸主要技术指标（QB331-73）

指标名称	单位	规定	实验方法
1.定量	g/m^2	110～125	GB451—79
2.紧度，不大于	g/cm^3	0.85	GB451—79
3.耐折度，不小于	kg/cm^2	3.0	GB454—79
4.裂断长，纵向不小于	m	5500	GB453—79
5.施胶度，不小于	mm	2.0	GB460—79
6.水分	%	5～8	GB462—79

证券纸是用来印刷汇票、存折、银行、财政部门账簿及长期保存的证件等印刷品的纸张，证券纸是双面光纸。证券纸有一号、二号两种，一号纸是用100%的漂白棉浆制作的，供银行、财政部门长期保存的账簿、证件等用，二号则可用于印刷支票、汇票、存折、账簿等，它是用漂白棉浆、化学木浆、竹浆、龙须草浆制作的，其中净制漂白化学木浆的用量在35%以内。证券纸根据需要有浅黄、米色、浅绿等几种颜色，还可以有各种水印。

证券纸为平板纸。其主要技术指标如表5-16所示。

表5-16　　证券纸的技术指标（QB333-63）

指标名称	单位	规定		允许误差	试验方法
		一号	二号		
1.定量	g/m^2	50 60 70 80 100 120 150	50 60 70 80 100 120 150	定量小于100g/m^2的为±5%，定量100g/m^2和大于100g/m^2的为±3%	GB451—79
2.紧度，不小于	g/cm^3	0.65	0.65	—	GB451—79
3.白度，不小于	%	85	85	—	GB1542-79

续上表

指标名称	单位	规定		允许误差	试验方法
		一号	二号		
4.尘埃度，按最大长度测量0.25～2.0mm的尘埃不多于	个/m^2	125	200	—	QB59—60 黑色尘埃以平板纸5m^2测定的平均值折算为每平方米的尘埃个数
其中：0.25～1.5mm的黑色尘埃不多于		12	20	—	
大于1.5mm的黑色尘埃		不许有	不许有	—	
大于2.0mm的尘埃		不许有	不许有	—	
5.平滑度					GB456-79
正面与反面均不小于	s	30	30	—	
正面与反面之差不大于	%	20	20	—	
6.施胶度，不小于	mm	1.25	1.0	—	GB460-79
7.裂断长，纵横向平均值不小于	m	3000	2600	—	GB453-79
8.耐折度，纵横向平均值不小于	次	10	5	—	GB457-79
9.水　分	90	7	7	±2	GB462-79

邮票纸是专门用来印刷单色和套色的纪念邮票、特种邮票和普通邮票的纸张。邮票的印刷主要有雕刻凹版印刷和照相凹版印刷两种，邮票纸也分两种型号，以适应这两种印刷方法。其中Z_y邮票纸是用作照相凹版印刷邮票的纸张，D_y邮票纸是用于雕刻凹版印刷的。

邮票纸是完全用漂白亚硫酸盐木浆（B_0、B_1）制作的，有时也配用漂白棉浆（用量在30%以内），或净制漂白化学草浆。

邮票的印刷多为卷筒形式，邮票纸的卷筒宽度根据邮票厂的要求而生产。其技术指标如表5-17所示。

表5-17　　邮票纸主要技术指标（QB363-63）

指标名称	规定		允许误差	试验方法
	Zy	Dy		
1.定量（g/m^2）	75	75	±5%	GB451-64
2.厚度（mm）	0.075	0.075	纵向±7%全幅横向最大和最小厚度之差不大于10%	GB451-64
3.平滑度(s)正面不小于	300	100	—	GB456-64
4.白度(白色%)不小于	85	80	—	QB55-60
5.施胶度(mm)不大于	0.5	0.5	—	GB460-64
6.纵向裂断长(m)不小于	2600	2600	—	GB453-64
7.吸收性(二甲苯表面吸收速度)不大于	30	30	—	GB461-64
8.尘埃度(个/m^2)按最大长度测量：				QB59-60
0.25～1.5mm的尘埃不多于	150	170	—	
大于1.5mm的尘埃	不许有	不许有	—	
9.伸缩率(%)浸湿后不大于				GB459-64
纵　向	+0.5	+0.5	—	
横　向	+2.5	+2.5	—	
10.灰分(%)不小于	13	13	—	GB463-64
11.水分(%)	6	6	$^{+1}_{-2}$	GB462-64

八、装订用纸

在印刷用纸中有许多种纸是常用于装订的，如白卡纸、米卡纸。这里简要谈的是精装用纸板。

纸板的制作方法已在前面叙述过了，它的厚度比一般的纸张要厚，定量要高。因此具有较硬的质地，用于装订书籍则能使书籍硬挺、有很好的装饰效果。

封面纸板是精装书籍、画册等常用的封面用纸板，它的形式

为平板纸板，幅面为1350×920 mm。封面纸板经压光，颜色为纤维本身，表面一般不施胶。其主要的技术指标如表5-18所示。

表5-18　　封面纸板的主要技术指标（QB355-73）

指标名称	单位	规定	允许误差	试验方法
1.厚　度	mm	1.0 1.5 2.0	±0.1 ±0.15 ±0.2	GB451-79
2.紧度，不大于	g/cm^3	0.9		GB451-79
3.抗张力，纵横向平均值不小于	kgf/cm^2	140		GB453-79
4.水　分	%	10	±2	GB462-79

封套纸板是用于制做精装书籍、画册封套的纸板。

封套纸板也为平板纸板，幅面尺寸为1120×990毫米。表面经压光，颜色为原浆的颜色，也不施胶。其它技术指标应符合表5-19的规定。

表5-19　　封套纸板的主要技术指标（QB356-73）

指标名称	单位	规定	试验方法
1.厚　度	mm	0.7±0.05 1.5±0.15 2.0±0.2 2.5±0.2	GB451-79
2.紧度，不小于	g/m^3	0.7	GB451-79
3.抗张力，不小于	kgf/cm^2	160	GB453-79
4.耐折度（往复次数）纵横向平均值不小于	次	20	GB457-79
5.水　分	%	10±2	GB462-79

九、书写用纸

书写纸是供用墨水书写的纸张，包括书写纸、有光纸、打字纸等三种，多用于制造练习本、日记本及一般表格等供书写用的纸制品。象印刷用纸一样，书写纸也必须有好的强度、颜色和表面光洁度，还必须有一致的外表和足够的施胶度，以避免墨水在纸上洇开。书写纸的种类很多，在质量方面的差别也很大。这些主要取决于纤维原材料的选择。例如；最高质量的书写纸、图画纸和吸水纸是由破布制成的，特制书写纸中漂白破布浆的成分不少于25%，其余为漂白化学木浆或漂白化学竹浆。一号书写纸的纤维配比为漂白化学木浆或漂白化学竹浆为100%，二号书写纸中漂白化学木浆或漂白化学竹浆不少于50%，其余为苇浆和草浆，三号书写纸中漂白化学木浆不少于35%，其余为苇浆和草浆。各号纸均加了适量的填料和胶料，以使纸张平滑，抗水性强，耐折度和抗张强度比较好。由于这类纸张选用了较好的浆料，因此造出的纸结构比较均匀、洁白。书写用纸的印刷适性一般，吸墨性较差，不适宜用矿物油作连结料的油墨印刷。

用于各种办公用的票证单据的纸张用量较少。也有许多不同的分类。它们一般用化学木浆制成，但最高质量的纸张也含有破布浆并施过胶，用于复印的纸可以是减少施胶量的木浆或草浆的书写纸，这样可以充分吸收油墨而不致于在书写时蹭脏。这类纸虽是书写用纸，但往往也要经过印刷，如制成表格等。

高质量的图画纸也是由破布浆经槽施胶和空气干燥而制得的。较次的由化学木浆和草浆制得。

书写纸及有光纸一般只有平板纸。它的主要技术指标应分别符合表5-20和5-21的规定。

表5-20　书写纸的主要技术指标（QB28-73）

指标名称	规定					试验方法
	特号	一号	二号	三号	四号	
1.定量(g/m²)	45±2.0	45±2.0	45±2.0	45±2.0	45±2.0	GB451-79
	50±2.5	50±2.5	50±2.5	50±2.5	50±2.5	
	60±3.0	60±3.0	60±3.0	60±3.0	60±3.0	
	70±3.5	70±3.5	70±3.5	70±3.5	70±3.5	
	80±4.0	80±4.0	80±4.0	80±4.0	80±4.0	
2.白度(%)不小于	85	80	75	70	62	GB1542-79
3.施胶度(mm)不小于						
45g/m²的纸	0.75	0.5	0.5	0.5	0.5	GB460-79
50g/m²以上的纸	—	0.75	0.75	0.75	0.75	
50～70g/m²的纸	1.0					
80g/m²的纸	1.25					
4.裂断长(m)						
纵横向平均值不小于	3000	2600	2400	2200	2000	GB453-79
5.平滑度(s)						
正面与反面均不小于						GB456-79
45～60g/m²的纸	30	30	30	30		
70g/m²以上的纸	25	25	25	25	25	
正面与反面之差(%)不大于	30	30	30	30	30	
6.耐折度(往复次数)						
横向不小于	4	4	3	2	2	GB457-79
7.尘埃度(个/m²)						
0.5～2.0mm不多于	80	125	200	300	500	
其中：黑色尘埃						
1.0～1.5mm不多于	5	8				QB59-60
1.0～2.0mm不多于			10	12	16	
大于2.0mm的尘埃	不许有	2	3	4	6	
大于1.5mm的黑色尘埃	不许有	不许有				
大于2.0mm的黑色尘埃			不许有	不许有	不许有	
大于3.0mm的尘埃		不许有	不许有	不许有	不许有	
8.水分(%)	6±2	6±2	6±2	6±2	6±2	GB462-79

表5-21　　有光纸的主要技术指标（QB29-73）

指标名称	单位	规定			试验方法*
		特　号	一　号	二　号	
1.定　量	g/m²	18±1.0 20±1.0 22±1.1 25±1.2 30±1.0	22±1.1 25±1.2 30±1.5 35±1.7 40±2.0	22+1.1 25±1.2 30±1.5 35±1.7 40±2.0	GB451-79
2.白度不低于	%	75	73	62	GB1542-79
3.施胶度不低于	mm	0.25	0.25	0.25	GB460-79
4.裂断长纵横向平均值不小于	m	2500	2300	1700	GB453-79
5.尘埃度不多于	个/m²	0.5～2.0mm 150 其中：1.0～1.5mm黑色尘埃 10 大于1.5mm黑色尘埃 不许有	0.5～2.0mm 200 大于1.5mm黑色尘埃 不许有	0.5～3.0mm 500 大于2.5mm黑色尘埃 不许有 3.0～5.0mm尘埃 6	QB59-60
6.水分	%	6±2	6±2	6±2	GB462-79

* 试验方法已经修订。

十、其它纸板

除了上述用于印刷和装订的纸张和纸板之外，印刷业还使用其它一些纸制品，如字型纸板、塑料模型纸、绝缘纸板等。

1.字形纸板：这是用于把排好的活字版翻制成纸型用的纸板，它有两种型号，一种用于自动浇铅版机，叫A型；一种用于半自动浇铅版机，为B型。其主要技术指标如表5-22所示。

字型纸版每张的幅面尺寸为45×60cm。保管时要防雨、防潮湿。

表5-22　　字型纸板的主要技术指标

项　　目	技术指标	允许误差
厚度（mm）	0.70～0.74 0.75～0.79 0.80～0.85	每张纸误差不大于0.05mm
紧度（g/cm³）	A型 0.94～0.98 B型 0.96～1.00	
吸水重量 （%）	>95	
湿拉力纵横平均(kgf)	>1.5～2.0	A型>2.0 B型>1.5
湿伸长纵横平均(mm)	>6.0～11.0	A型>11.0 B型>6.0
水分 （%）	7	±1
平滑度 （s）	>30	

2.塑料模型纸：塑料模型纸与字型纸板一样都是用于在活字版及铅版上压型的，但它是用于复制塑料印版，是一种塑料字型板。塑料模型纸的技术指标如表5-23所示。

表5-23　　塑料模型板的主要技术指标

项　　目	标　　准	允许误差
定　量	3300g/m²	±5%
水　分	7 %以下	
厚　度	2.9 mm	±0.1mm
底层含胶量	35 %	±1.5%
涂层定量	250g/m²	±10%

塑料模型纸挺而不硬，富于弹性。它有下面几种规格：280mm×380mm、300mm×430mm、360mm×500mm。在保管时要防止塑料模型纸因日晒及高温的影响而固化变质，也要防止其受雨、雪及地面湿气的影响，应存放在阴凉干燥处。

3.电绝缘纸板：电绝缘纸板原来是用于电气工业的，在印刷

业常用于铅印印刷机压印滚筒包衬。电绝缘纸板原料是用硫酸盐木浆100%制成的。印刷业用的电绝缘纸板是具有良好机械强度的100/00型。

印刷用电绝缘纸板的厚度为0.2mm。其它技术指标如表5-24。

表5-24　　电绝缘纸板的技术指标（QB342-73）

项　　目	指　　标
水　分　（%）	≤10
紧　度　（g/cm³）	≥1.15
灰　份　（%）	≤1.1
抗张强度　（kgf/cm²）	纵向≥900
	横向≥350
折100次后纵向强度　（kgf/cm²）	≥675
耐电压强度	折前≥11
	折后≥8

第五节　纸张的性质

前面已经讲过纸张的制造过程，由于制造纸张所用的原材料不同、采用的工艺不同，制成的纸张的性质也不同。纸张的性能的好坏，关系到印刷产品的好坏。不同的印刷工艺，需有不同性质的纸张与其相适应，例如，凸版书刊印刷要求纸张具有较好的吸墨性和不透明性，而对纸张施胶度的要求就不那么高；而平版印刷对纸张的施胶度就有一定的要求，对纸张的吸墨性的要求就可放低一些。因此，了解纸张的性质，是有利于印刷过程顺利进行的。

纸张的性能很多，如机械性能、光学性质、印刷性质、电气性能、化学性能、耐燃性能等，我们只对纸张与印刷有关的一些性能作一简单介绍。

一、规　　格

纸张的规格是印刷工人首先要熟悉的，不同机器对纸张的规

格是有特定的要求的。国家对纸张规格已经做了统一的规定。

纸张的规格一般包含以下几个内容：

1.**形式**：印刷用纸的形式有两种：平板纸与卷筒纸。平板纸是将纸张按一定规格裁成定长、定宽的纸张。卷筒纸是将纸卷在纸卷芯上呈圆柱状的纸张。

根据纸张形式的不同，印刷机的类型也不同。平板纸印刷机目前较普遍，因此平板纸用得也较多。卷筒纸印刷机印刷速度较高，印刷方式也有凸印、平印、凹印等，随着印刷机的不断完善，卷筒纸的用量也会越来越大。

2.**尺寸**：平板纸的尺寸只指纸张的长度和宽度，由于印刷品的规格繁多，根据需要的不同，尺寸也各不相同。如果造纸时和印刷时对尺寸没有一个规定加以约束，那么不仅某些规格的纸张无法在有些印刷机上印刷，而且，为了满足印品的尺寸，将原纸裁成某些开本时，切边剩头均无法再用而造成浪费。这给生产和管理带来不少困难，同时也无法给造纸机械、印刷机械的设计提供一定的依据。因此，各国都有各自的国家标准。

我国的纸张尺寸标准是在1959年10月1日开始实行的，名称为GB147—59“印刷、书写及绘图用原纸尺寸”，及GB148—59“印刷、书写及绘图用纸幅面尺寸”。标准不仅列出了原纸的规格，而且列出了裁切的规格。根据标准规定：

卷筒纸宽度尺寸有1575、1092、880、787mm等几种。平板纸幅面尺寸有880×1230mm、880×1092mm、787×1092mm、787×960mm、690×960mm、850×1168mm等几种幅面规格。

幅面尺寸的确定是这样的，任何规格的纸张对折后的尺寸即为下一号纸张的规格。而每一种规格的长边即为以短边为边长的正方形之对角线，即长边的长度为短边的$\sqrt{2}$倍。这种规定是符合人的视觉心理的，用通俗的话说就是以这样的规格印制的书籍是美观大方的。

原纸尺寸的确定，应比幅面零号的尺寸略大一些，因为纸张在印刷及装订之后还要裁成一定的开本，必须留有余量。

表5-25　印刷、书写及绘图用纸幅面尺寸（GB148-59）　单位：mm

组号	A	B	C
4×0	1682×2378	1488×2104	1834×2597
2×0	1189×1682	1052×1488	1297×1834
0	841×1189	744×1052	917×1297
1	594×841	526×744	648×917
2	420×594	372×526	458×648
3	297×420	263×372	324×458
4	210×297	186×263	229×324
5	148×210	131×186	162×229
6	105×148	93×131	114×162
7	74×105		81×114
8	52×74		57×81
9	37×52		
10	26×37		
11	18×26		

注：幅面尺寸公差由有关部门分别规定。

3.定量：定量是纸及纸板最基本的一项重要指标，因为大多数纸张都是按重量销售的。它指的是单位面积的重量，一般以每平方米面积的纸张重多少克来表示。这是因为印刷工人关心的是纸张的面积，如果重量一定，定量如果提高的话，那么可印刷的面积就要减少，印刷品的成本就要高。定量高的材料，造纸时所使用的原材料也愈多，从整个国民经济的角度说也是不经济的，因此纸张也在向低定量发展。

定量可以表示纸的厚薄，因为一般说来，纸张定量越高，其纸也就越厚。定量在相当程度上还表示出纸的其它性能，因为纸张的抗张强度、耐破度、撕裂度等性能都与纸张的定量有关。这些都将在本节的后半部分叙述。

定量还可作为区分纸张与纸板的标志，习惯上将定量在200 g/m²以下的纸称为纸张、定量在200g/m²以上的称为纸板。

在印刷业，表示纸张重量的方法还有令重。令重指每500张纸的总重量。令重与定量的换算公式如下：

令重(kg)＝纸张的面积(m^2)×500
×定量(g/m^2)÷1000.

二、厚　度

厚度指纸张厚薄的程度。一般要求每批纸或纸板的厚度要均匀一致。厚度对图书的印刷、装订比较重要，每批纸的厚度如不一致，印成的图书就厚薄不匀，这会给读者及印刷部门带来麻烦，而书脊厚度不同不仅在装订时带来麻烦，而且书籍设计人员也无法设计书脊的书名字号及图案。

厚度也是纸张的一项重要的物理指标，它影响到纸张的不透明度和可压缩性。

厚度不同给纸张印刷也带来问题。由于印版滚筒（或橡皮滚筒）与压印滚筒的中心距在某种程度上是相对固定的，如果纸张的厚薄不匀、就会使印刷压力产生改变，从而使印刷时油墨转移情况发生变化，印迹也就深浅不匀，影响印刷品的质量。

纸张厚度大小对纸张不透明性也有影响，显然，纸张越薄，不透明度就有可能下降，印刷时，就要考虑到油墨透背和透印的可能性，在薄纸上印刷，要以不透印为标准，选用较浓的油墨、尽可能小的压力和较薄的墨层来进行印刷。

三、紧　度

紧度指纸张单位体积的重量，即为密度。由于纸张压光前和压光后的密度不同，紧度也有两个指标：一是指成品纸张的定量与厚度的比值，称为积层紧度；一是指纸张未经压光时计算的纸张定量与厚度的比值。一般以前者为准，后者与前者之不同只体现了纸张压光之前与压光之后的平滑度的不同而已。

紧度决定于所用纤维的种类、打浆的程度、抄纸时脱水的情况、湿压的程度和压光的程度，不同的工艺条件生产出的纸张，其紧度也不同。

纸张的紧度影响到纸张的光学性能及物理性能，因此往往把

紧度作为衡量纸张的强度和其它性能的基础。纸张的紧度与耐破度、抗张强度和撕裂度成正比，而且纸张的紧度越高，纸张越不透气。有些纸张的这几个性能指标的关系也有例外的，有的纸张耐破度高而紧度低，则该纸张很可能由强韧的长纤维制成，而耐破度高、紧度很大的纸张则可能是由切断和水化很好的浆料制成。紧度与吸墨性能有关，紧度很大的纸张，吸墨性能也就相对下降，凸版印刷纸要求有较好的吸收油墨性，其紧度就不要太高，一般在0.7g/cm³左右就可。紧度低的纸是靠纸张纤维间的空隙吸收油墨来使油墨干燥的，紧度高的纸，油墨主要靠结膜干燥。

紧度的倒数是松度，松度也就是指纸张所占空间与纸张内部物质的比率：

$$\text{松度} = \frac{\text{纸张厚度 (μm)}}{\text{纸张定量 (g/m²)}}。$$

四、机械强度

1.抗张强度：纸张在外力的作用下，纤维受到牵拉，而使纸张发生形变，而当外力取消后，纸张恢复到原先的状态的能力称为纸张的抗拉强度。

理想的弹性固体其受外力时间的长短对于其形变并无影响，而对于流体来说，外力施加的时间是一个重要因素，时间对流体的影响并不次于外力对流体产生的影响。而纸张是介于弹性体与流体性质之间的物体，当施加的外力较小时，外力取消后，纤维能够恢复原来的状态，纸张受外力所产生的形变与应力基本成正比，即符合虎克定律，此时纸张具有弹性体的性质。当施加的外力过大，纤维间互相脱离或纤维本身因外力而拉直，当撤消外力后纸张难以恢复原来的状态，这时变形与应力不成正比，体现出流体的流变性质，这种流变性质随外力施加的时间增加而越趋严重，也就是说，纸张在一定负荷的作用下，将连续产生伸长或蠕动。

外力增加的速度越快，纸张的抗拉强度也越高，也就是说，在短时间里增加到一定负荷值时，纸张的伸长率较小。同时，所加负荷的时间越长，维持纸张的伸长率为一定的情况下，能承受的负荷越小。有人做过实验，加负荷的时间为4秒时，能承受的负荷为10kgf，时间为11分钟时，能承受的负荷为9kgf，14小时为8kgf，220天为4kgf。

抗张强度与纸本身的水分有关，水分少的纸质硬脆，水分多的纸韧性大。抗张强度与纸的纤维排列有关，纸张纵向的抗张强度大，在相同的外力条件下，纸的伸长量比较小，但如果抄纸机的抄纸原理不同，也有相反的情况。造纸时打浆程度不同，干燥时纸张张力的大小都对抗张强度有影响。

印刷用纸张要求有较好的弹性，即是说纸张在受外力作用时，产生的拉力与伸长量应成正比。纸张要有较大的抗张强度，对卷筒纸更是如此，因为在卷筒纸印刷机上，难免因为纸卷不圆或是印版滚筒空档等原因使纸张张力产生周期性变动，如果纸张张力小，则易使纸张产生断裂而致使停机。

地图纸和糊墙纸则要求流体流变性越小越好。否则，纸张在墙上挂久，因纸张本身的重力致使纸张产生流变，越挂越长，不能保持原先的尺寸。

2.耐折度：纸张的耐折度的定义是纸张受一定外力拉伸之后，将其来回折叠使其断裂，以折叠的次数来表示纸张耐折的性能。耐折度测的也是纸张的抗张强度，之所以要进行耐折度测定，主要在于许多种类的纸张在使用过程中要承受多次加工和折叠，如证券纸、帐簿纸、地图纸、书皮纸、白板纸、箱板纸等，其中证券纸是做为流通用的，没有很高的耐折度就无法保证较长的使用寿命；而白板纸、箱板纸是用来制做纸盒的，在制作时，纸板要经受折叠而不能断裂。这些都对纸张的耐折度提出了特殊的要求。

耐折度值是往复的次数，即单位是双折次。分纵向耐折度和横向耐折度两种，一般纵向耐折度比横向耐折度高些，这是因为

纤维的排列使其在纵向的结合力较大所致。当然这也有例外的，因为纸张的耐折度受纸张的挠曲性能的影响很大，耐折度和纸张制造工艺不同有关。打浆度增加时，耐折度随抗张强度增加而增加，但增加的速度在较高打浆度的情况下不如抗张强度增加得快，因此耐折度的测量只能算是变相的抗张强度的检验。打浆度增加到一定值时，纸张纤维过短，纤维间结合力不够，纸质变脆，而使纸张的耐折力下降。

耐折度与纸张的含水量有关，纸张水分增加，耐折度一般都有较大幅度的增高。

3.压缩性：纸张受到一定压力后会略微压缩，在撤除外力之后，纸张恢复原来状态的程度称为压缩性，压缩性与压力的大小有关，但压力较小时，纸张受压而被压缩之后，在停止压力时，由于纸张有一定的弹性，纸张能够恢复到原先的状态；当纸张所受的压力增到一定的数值，纸张纤维有一定的可塑性，而且纸张的填料并不能完全填满纤维间的空隙，致使纸张承受的压力撤除之后，纸张并不能完全恢复原来的状态，这种性能就是纸张的压缩性。

纸张的压缩性对印刷用纸来说尤为重要，因为纸张印刷时都要承受一定的压力使油墨能从印版转移到纸张上来。如果纸张没有一定的压缩性，印版上的图文部分就不能完全与纸张表面相接触，油墨就不能很好地转移到纸张上来，造成印迹模糊而降低印刷效果。而弹塑性好的纸张可以降低对纸张的平滑度，以及印版图文表面不平面度的要求，印出的图文清晰度也有所提高。

如果纸张瞬时受压，纸被压缩，当压力撤除，纸张可恢复到原来的状态，这称为纸张的敏弹性；如果纸张受压时间较长，除了加压瞬时纸张产生的变形之外，随着纸张受压的时间增加，纸张的变形也缓慢增加，当从纸张表面撤除压力后，纸张由于缓慢变形的部分也逐渐恢复，这部分可恢复的缓慢的变形称为纸张的滞弹性，也就是说纸张的弹性是由滞弹性和敏弹性两部分组成。当然，这种可恢复变形只是在压力为一定范围内（即不超过纸张

的弹性极限的情况下）才出现，如果压力超过纸张的弹性极限，则产生不可恢复的变形。

4.表面强度：凸版印刷和平版印刷工艺中，在每次压印中，版面上或橡皮布上的油墨大概只有一半转移到纸张上，也就是说，油墨层在印刷时被分离了，一部分传递到纸张上，一部分仍然留在印版或橡皮布的表面上。油墨的粘性是一种力，它会阻止油墨层的分离，这个力是很强的，使得分离时有时不是发生在油墨膜，而是发生在纸张纤维、填料和胶料的粘结的最薄弱之处。由于印刷油墨粘度会随着印刷速度的提高而增加，这样在高速印刷机上印刷的纸张的表面就要受到较大的拉力。如果纸张表面结构之间的结合力不足以抵抗油墨膜分离时产生的张力的话，那么印刷时就会发生起毛、脱粉，甚至一小片一小片的纸张被剥离（称为剥纸）的现象。

纸张的表面强度是纤维、填料、胶料三者间的结合强度。纸张表面强度（即结合力）要能经受得住油墨对纸张的粘力，否则油墨会将纸张表面的纤维、填料粘离纸张表面。纸张剥离的形状并非都一样，如非涂料纸张表面个别的纤维被拉开，叫起毛，这些被粘起的纤维很可能粘在印版或橡皮布的表面上，在接下去的几张印品上就会出现疵点，这些纸毛还会逆着油墨运动的方向与油墨混合，填进印版上网点的间隙而发生糊版。

在印刷过程中纸张表面成片的剥离叫剥纸。这种现象一般都与涂料纸有关，当涂层与纸基粘接力不够强，在油墨的粘力作用下，涂层会一片一片剥落下来。涂料纸、非涂料纸或纸板有时也可能出现小块纤维层剥离脱落的现象。这样发生的材料脱落会造成大量的印刷废品，因为纸张的碎片可能粘到印版或橡皮布上，再经过几次压印后，这一碎片可能牢牢地嵌到印版或橡皮布上，在印刷时这一块地方要比其它部分略高一些，这样印刷出来的图文就会出现中间是一个墨点，而它的四周是一个印不上油墨的白环，这就是印刷弊病环状白斑的起因。

产生这种纸面剥离现象的因素很多，为了减轻纸面剥离，可

以降低油墨的粘度，减小油墨膜层的厚度，降低印刷速度和印刷压力，更换失硫而发粘的橡皮布，以及其它因素（如温度和湿度），以保证印刷过程顺利进行。

纸张表面强度主要是由造纸的原料及工艺所决定的，如苇浆造出的纸，其表面强度一般较低，这是因为不易清除干净的苇膜不能和纤维很好地交织的缘故，而且纤维扁平而短，使纤维间的结合力很低，制成的纸张质地疏松，表面强度也就很低。纸张表面强度还和填料和胶料的选用、压光程度等因素有关。

五、平滑度

平滑度是表示纸张平面平整、光滑程度的。由于纸张是由纤维组成的，表面是凹凸不平的复杂形状，平滑度则是说明表面形状凹凸不平程度的指标。平滑度不好的纸张，表面有过多的铜网印、毛布印或皱纹等一些影响纸张美观的纹样。平滑度与纸张印刷适性关系很密切，用表面不平的纸张印出的图文，清晰度就要受到影响，这是因为纸张的平滑度与油墨的转移有一定的关系，纸张平滑度决定了纸张与印版接触的紧密程度。印版上的墨膜厚度一般为3～10μm，与纸张进行压印时，约有一半油墨转移到纸张上，如果纸张上的凹坑深度超过墨膜的厚度，则在压印时，印版上相对应这个凹坑的墨膜就不能与纸张接触，如果该部位是实地，则产生白点，如果是文字，则产生断笔少画的现象。即使用表面平滑而压缩性小的纸张（如涂料纸或超压纸）印刷的画面也能比表面粗糙而柔软的纸印出的效果要好，文字更清晰，颜色密度也要大一些。

不同平滑度的纸张适用于不同印刷品的印刷，因此，平滑度低的纸张只适宜印刷文字和线条图表，平滑度中等的只适宜印刷粗网线的图文，平滑度高的可印刷细网线的的图象。但有些印刷品即使用较高平滑度的纸张进行印刷，也不一定能获得满意的效果。

不同印刷方法对平滑度要求不同，平版印刷对纸张平滑度的

要求就要低一些，因为平版印刷将油墨传递给纸张的是弹性很好的橡皮布，其弹性可弥补纸面的凹洼而使油墨能够较好地转移到纸面上，但是印刷高档印刷品时，为不使图文的层次受到损坏，一般也要求用高平滑度的纸张进行印刷。而凸版印刷是金属印版直接与纸张接触，对纸张平滑度的要求也就要高一些。

用平滑度低的纸张进行印刷时，虽然可以通过适当增加印刷压力、增加油墨的流动性来弥补，但终究对印刷质量要产生一些影响。

书写纸也要求有较好的平滑度，否则笔尖书写时就不流畅。

纸张平滑度与纸张生产的工艺有很大的关系，纸浆品种中亚硫酸盐木浆和棉浆要比机械木浆生产的纸容易平整些；打浆度高的纸浆制成的纸平滑度就高一些；长网机有无振动装置、造纸机的铜网规格、毛布的织法都影响着纸张的平滑度；造出的纸经过压光可以改善纸的平滑度，但在压光之前，纸张本身就要求平整，原先粗糙的纸并不能全凭压光来提高纸张的平滑度，否则压光后会产生硬斑；施过胶的纸也能改善平滑度。

平滑度在别的行业（如机械行业）里有一定的定义，这就是用表面细微的不平度与表面平均高度的平均方差来表示。但由于纸张表面凹凸程度不大，以及纸张的可压缩性，一般无法直接利用别的行业里测量表面不平度的方法来测定纸张的凹凸程度，因此，借用纸面与平滑的硬平面接触的充分程度来表示，由此发展出一些测试方法，并用某种测试方法的测试结果作为描述平滑度的指标，我国国家标准采用用别克型试验仪测定的结果作为纸张平滑度的定义，这就是：在一定的真空度下，一定容积的空气通过在一定压力作用下的试样表面与玻璃面之间的间隙所需的时间，以秒作为平滑度的单位。

六、两面性

纸张有正、反面之分。正面指造纸时，纸张与毛布接触的那个面，也称毛布面；反面指造纸时纸张与铜网接触的那个面，也

称网面。一般反面比正面要粗糙一些。正面的质地比较紧密，其它性质也不一样，如正面的平滑度就比反面的要好一些，这种性质称为纸张的两面性。

产生纸张两面性的原因已在造纸一节中讲过，由于抄纸工序是一面脱水，因吸水箱的抽吸、辊子的粘连等原因，将纸张网面的细小纤维和填料带走一部分，从而造成纸张两面的性能（如平滑度、表面强度、施胶度等）产生差异，印刷适性也要受到影响，上述这些性能正面都比较好，反面比较差，但由于反面的细小纤维及填料都比较少，故网面比较清洁一些。

为了克服两面性，有些抄纸设备采用立式夹网抄纸机，两面都为网部，同时脱水，以消除两面的差异。

纸张两面性对印刷的影响较大。纸张两面性差别大的，平滑度也有差别，印出的书籍其墨色两面不均匀。纸张正面的平滑度比较高，反面比较低。单面印刷品印刷时就必须考虑纸张的两面性，如地图纸、招贴纸多是在纸张正面进行印刷。

七、光学特性

纸张的外观取决于它的光学特性，其中包括纸的不透明度、光泽度、颜色（包括白度）和平滑度。纸张的外观直接影响到印刷品的质量。

1.不透明度：纸张不透明度指印刷后图文不要透过另一面的性能。不透明度是以纸张受光照射时光线吸收量与反射量之比值来说明的，这其实是对纸张阻光能力的描述，即纸张阻止入射光通过的能力。对于印刷业，主要关心的是透背透印现象，因此，我们研究的不透明度又仅局限于印刷不透明度。书籍报刊用纸的不透明度越高越好，以防阅读时同时又见到另一面的文字，甚至第二页、第三页上的内容。使用较厚的纸做信封以防别人透过信封看到密封在信封里的信件上的内容也是这个道理。印刷不透明度不同于光学的不透光性和吸光性，因为透过纸张的那部分光是散射的（图5-29），散射的光线和从纸张下方物体上发出的光线

被折射和吸收而不能到达我们的眼睛。散射的程度越厉害，物体的形状就越不容易看出。纸张表面反射光线越好，纸张不透明度也越高。这些反射现象是纸张纤维和填料（如高岭土）颗粒造成的。所以印刷不透明度是由纸张填料的多少以及原纤维帚化程度决定的。印刷不透明度的定义是：从一张背面是黑色的单张纸张的表面反光量与一叠纸的表面反光量的比值作为印刷不透明度，用百分比表示，这一叠纸的厚度以不透光为准。

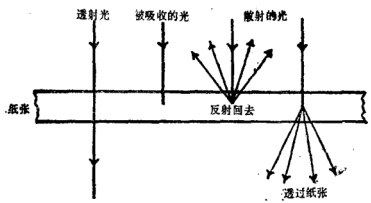


图5-29　纸张反射或透射光的散射情况

纸张本身的性质与不透明度的关系比较大，有下列几个因素：

①纸张定量：在原料配比与制造工艺相同的情况下，定量越高，不透明度越高。

②纸张紧度：紧度的提高与不透明度的数值约略成反比，这是因为纸张紧度的提高实质上是使纸张纤维与空气的接触面积减少了，而光线只有在纤维-空气界面上才产生散射作用。纤维与纤维接触时，不发生光线的散射和反射。纤维与纤维接触的面积称为纤维的光学接触面积，光学接触面积增加，则不透明度降低。造纸时提高打浆度，也相当于增加了纤维结合面积，即增加了纤维的光学接触面积。因此打浆度越高的纸张不透明度也就越低。

③纸张的纤维长度及纤维壁厚度：用短纤维造的纸，有大量短纤维弥补了纤维间的缝隙，光线不易透过，因而，短纤维造的纸比起用长纤维造的纸具有较高的不透明度。

另外，用纤维壁厚的纤维抄的纸也要比用纤维壁薄的纤维抄出的纸的不透明度高一些。

④纸浆的种类：各种纸浆对不同光线吸收的能力和分散能力均不相同，因此其透明度也不相同，根据其对不透明度影响的大小，由小到大按顺序排列如下：机械木浆、阔叶木浆、西班牙草浆、硫酸盐木浆、亚硫酸盐木浆、碱法草浆。而未漂白的纸浆制成的纸张比漂白纸浆具有较高的不透明度。

另外，棉浆比麻浆的不透明度高。

⑤填料，加入填料可提高纸张的不透明度，因为填料能填充纸张纤维间的缝隙，使光线不易透过。有填料的纸张中有三种界面，纤维-空气、填料-空气和填料-纤维，这三种界面都能散射光线。要提高纸张的不透明度，应选择折射率高的填料，一般可采用钛白粉，即二氧化钛，它有较高的折射率。

在单面印刷品的背面看到印刷痕迹可能由于两个方面：一是由于透影（又称透背），一是由于透印（图5-30）。透影完全是由于纸张的不透明度引起的，透印则是由于印刷油墨中的载色体渗透纸张造成的。当油或脂等透明液体填补纸张空隙时，纸张的透明度将降低。因此，印刷油墨中的油渗入纸张后，将降低纸张的不透明度。因此，对不透明度的评价不仅要考虑纸张本身的影响，还要考虑油墨及印刷条件的影响。

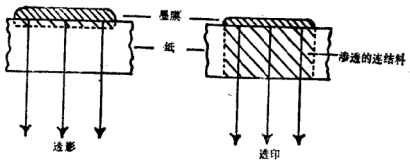


图5-30　透影和透印

一般载色体渗入纸张表面仅有一小段距离，但这样也足以对印刷不透明度产生影响。

2.光泽度：我们都知道光线照到镜子表面时会被反射回来，其入射角等于反射角（图5-31），称为镜面反射，表面印过字迹的纸张也会反射光线，但是由于纸张表面的不平整性，光线的反射并不固定在一个方向上，而是向各个方向上散射（图5-32），称为漫反射，我们能看见自然界万物就是光线在物体表面产生漫反射的缘故。虽然纸张不可能制出象镜面一样光滑的表面，但象铸涂布和摩擦上光等工艺就可以使纸面产生高光洁度。这种纸能把大部分入射光以镜面反射形式反射出去。

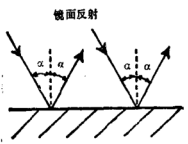


图5-31 镜面反射

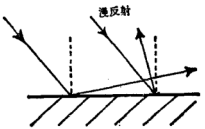


图5-32 漫反射

纸张光泽度表示纸张光泽的质量，或纸张表示影象的能力，是对纸张表面性状进行评价的一个指标。纸张的光泽与印刷有很大关系，高光泽的纸张能使印刷品的色彩光亮，但光泽太强的纸张会使印刷品产生眩光，刺激读者的眼睛，不利于阅读。应当适当掌握光泽的程度。

光泽度有两种，一种为镜面光泽度，镜面反射率 G_s 指的是以入射角为 θ 的光线照射纸张表面，以反射角为 θ 测定反射光线 φ_s，然后在同一条件下测量用折射率为1.567的黑色玻璃或其它表面的反射光线 φ_{os}，然后用下式计算镜面反射率 G_s：

$$G_s(\theta)=(\varphi_s/\varphi_{os})\times 100\%。$$

一种为对比光泽度，为不同条件的反射光束之比，用以比较所测纸张与标准材料之差距。这与纸张趋于使镜面反射光线产生的眩光有相互关系。

纸张的光泽度与纸张的表面平滑度和印刷性能有关。但光泽度与物理上的表面平滑度并不是一回事，有光泽的表面也可能相

当粗糙。

光泽度适合的表面应使表面在受从观察者身后射来的光线照射时，如果入射角较高时，能反射这种光线，当表面从观察者前方照射时，如果入射角较低，能吸收光线。如果纸张表面向各个方向反射的光线不等，则光源在读者前方时，就会产生眩光，即在某个角度上反射光线较多，称眩光角度，而在其它比较有用的方向上反射的光线较少，在眩光角度上反射光线大于4%，就可形成显著的眩光，因此，眩光角度上反射的光线不应过多超过这一角度上反射的光线数量。

光泽度与照射的角度不同有关，如角度低于10～25°时，总反射增加，分光反射增加，扩散反射降低，颜色效率降低，则光泽度偏高。

3.颜色：纸张的颜色概念已经用不着多加解释了，纸张的白色本身就是颜色的一种。

由于纸张大多数是白色的，同时印刷者使用白纸时只关心它的白度如何，很少去注意白色的偏色现象，这一特性也就很难受重视，即使采用有颜色的纸张，也只是在上面印几个色块，而不去复制彩色图片，颜色的几个指标也就不被人们所重视。但是做为彩色复制的研究，必须考虑到白纸的色相会给彩色还原带来什么样的影响，以此来调整所印油墨的色相，使其重新达到灰色平衡。因此，颜色也是关系到印刷质量的一个指标。

纸张的颜色在很大程度上会改变印刷品的外观质量。如果一本书的不同书帖是采用不同的白色相的纸张进行印刷的话，那么装订出的书籍的外观会给读者带来很坏的印象。因此纸张的颜色差别就应在一定的可接受的范围之内。

颜色的判别是因人的视觉生理而异的，没有两个人对颜色的感受是完全一致的，即使是同一个人，在视觉疲劳时观察同一颜色其感受也大不相同，印刷行业与出版者、读者在对颜色的评价上的差别之大也是很普遍的情况。现代在色度学上取得的成就使我们可以使用科学仪器来对颜色进行测定，并用曲线图或数字等

形式来描述各种颜色之间的差别。使印刷、出版与读者三者之间有一统一标准。

对色彩学的研究已经超出本书之范围，我们就不加赘述。这里只想说明颜色是由三个指标来描述的，这就是色相、饱和度和明度。色相是我们对颜色的视觉感知所作的描述，如红、绿、黄等，它们是以单色光占统治地位的波长决定的。颜色的饱和度取决于这一颜色掺进的白光量，单一波长的光是最饱和的颜色。明度是从样张表面反射的光量与同样条件下从氧化镁表面反射光的比值。有了这三个指标就能够确定任何一种颜色。

4.白度：纸张的白度指纸张受光照射后全面反射的能力，即指在一定测试条件下，反射光与入射光的比值，因此它表示的是纸张光亮的程度，因此又称亮度。纸张的白度是各种白纸的重要指标之一，白度高的纸张可增强油墨与纸张的对比度，有助于分辨图文。用白度高的纸张印刷彩色图画，颜色可鲜艳一些。但用于印刷书籍的凸版印刷纸，并不要求有很高的白度，一般只要求在65%（蓝光）即可，因为用白度太高的纸张印成的书籍，文字黑白分明，读者看书时眼睛受到强烈地刺激而容易产生疲劳。所以用于不同用途的纸张对白度要求也不同。

八、含水量

纸张主要是由纤维素组成的，而纤维素是亲水性很强的物质。纸张的其它原料也多半是亲水性强的物质，因此纸张是一种很容易吸水的材料，它很容易从大气中吸收水分，吸收量决定于大气中所含水汽的数量，即决定于相对湿度的大小，另外还决定于纸张的成分、打浆情况和造纸时其它一些工艺条件。也就是说，在不同的大气条件下保存不同纸张会获得不同的含水量，表5-26中所列的是两种纸张在不同相对湿度的条件下的含水量。

纸张中的水分以三种形式与纸张结合：一是与纸中纤维以化学结合的形式结合的，这在脱水处理时也不能使这部分水分除去，在以后的过程中也不会分解；一是以物理化学结合的形式结

表5-26　　两种纸在不同相对湿度下的含水量(%)

相对湿度	43%	65%	82%
硫酸纸	7.46	9.44	12.3
玻璃纸	8.76	10.5	13.5

合，表现为吸附结合和渗透结合；一是以物理结合的形式结合，以毛细管水分与浸润水分出现。

纸张中的水分大小将影响其它所有特性，它对一些性能影响比较大，对一些性能影响较小。从印刷行业的角度说，它对于纸张尺寸的影响是最令人头疼的现象，因为尺寸的改变将引起彩色印刷时套印不准的问题。含水量的变化也会给印刷和后工序带来其它问题，如水分多会减慢油墨干燥速度、降低纸张抗张强度、降低纸张表面强度、改变纸盒纸板的折叠性能，水分少时，纸张脆硬，易产生静电现象，使印刷时容易出现双张或空张现象。

纸张含水量随大气相对湿度变化的情况，可参见本章有关章节。

九、温　　度

热空气中如含有一定的水汽，空气冷却时它的相对湿度就会增加，甚至达到露点，这时空气中的水蒸气就会在任何可能遇到的物体表面凝聚成水珠。例如温室的玻璃，由于室内温暖潮湿的空气遇到温度较低的玻璃时，会在玻璃内表面凝聚成无数的小水滴。同样，假如纸张从比较冷的仓库中运到温暖的车间时，紧靠纸堆的空气可能被冷却到露点以下，这样就可能在纸的边缘部分凝聚出水珠来，造成纸张膨胀，产生波状纸边，给印刷带来了一系列麻烦。为了避免这些现象，冷的纸堆或纸卷在它的温度没有达到车间温度之前不要打开包装纸。温度可以用纸堆温度表测量

而得，测量时在纸堆的外包装打开的小缝里进行，测量后如温度不平衡可再封上。

十、尺寸稳定性

纸张的尺寸会因纸张水分含量不同而改变。纸张温度增大时，纤维本身因吸收水分而膨胀，纤维之间的距离加大，致使纸张尺寸伸长；反之，当湿度降低时，纤维收缩，纤维之间互相拉紧，使纸张尺寸缩小。大部分纤维之间的移动只在纸张内部进行，但也有一部分使纸张的尺寸发生变化。

印刷用纸张对尺寸稳定性要求比较高，尤其是胶版印刷纸和地图纸。纸张在印刷时，尺寸如果发生变化，套色就套不准，对平版印刷来说，每次印刷，纸张都要吸收一部分水分，纸张的尺寸稳定性不好的，会使下一色套不上而产生废、次品。

纸张的伸缩与纸张成型的方式关系很大，特别是抄造过程中受牵引的程度。由于纸张纤维吸水膨胀时，纤维横截面方向的尺寸变化最大，而长度方向则几乎没有变化，因此纸张吸水后，横向尺寸膨胀最厉害。纸浆打浆度、纸浆品种、填料和胶料都对纸张伸缩率有影响。经过打浆的纸浆制成的纸张比未打浆的纸浆制出的纸张要有更大的伸缩率；而木浆抄成的纸张与棉浆纸相比，在强度相同的情况下，木浆纸的伸缩率要大一些，因为要达到相同的强度，木浆需有较高的打浆度；含有填料的纸张，伸缩率要降低一些；疏松的纸比紧密的纸的尺寸变化速度要快一些。纸张在干燥过程中，收缩受到阻碍就形成内部变形。如将纸张重新湿润再经过干燥，就可永久消除内部变形，并产生进一步收缩。重复这样的过程，纸张还会收缩，收缩量将逐次减少。这种变化是不可逆的。表5-27表示的是亚硫酸盐木浆抄出的纸张的收缩率改变的试验情况。

纸张如果在高湿度（大于90%）的情况处理一段时间，再回到原先的湿度条件，纸张的尺寸也会产生不可逆的变化。

表5-27　　亚硫酸盐法纸张的收缩率试验

湿润干燥循环次数	收 缩 率(%)
1	1.8
2	0.55
3	0.30
4	0.16

十一、卷 曲 性

纸张受到湿度和温度的影响会发生卷曲。卷曲是纸张不均匀伸长（或收缩）的结果。卷曲有四种情形：

1.原始卷曲：产生于纸页之中，能很快出现。在造纸厂或印刷车间常见到这种卷曲。由于纸张两边在抄造时应力不均匀，当纸张裁开之后，应力得到释放，从而产生卷曲，或因纸张两边水分不一致而产生卷曲。

2.滞延卷曲：与原始卷曲相似，但需经老化才能出现。纸张经长期拉伸之后，纤维间产生蠕变，纸张厚度方向上产生的形变不一致而发生的永久性卷曲。卷筒纸的内部，纸张卷曲的曲率比较小，这种现象也就越加显著。

3.结构卷曲：由纸张两面物理性能差别而造成。涂布纸的涂料硬度和数量都影响卷曲的程度。两面涂布的纸张的两面物理性能比较一致，能均衡纸张两面的伸长，一般比非涂料纸和单面涂料纸产生的卷曲程度要小，而单面涂料纸的涂料补偿了具有两面差别的纸张中发生较大伸长的那一面的伸长程度，从而比未涂料的纸张的卷曲程度要小。

4.湿份卷曲：因纸张中水分变化引起的卷曲，这种卷曲与尺寸稳定性有关。纸张各个部位吸湿不匀，使纸张两面伸长（或收缩）量不等，而产生卷曲。纸张部分吸湿，则这一部分产生伸长，从而使纸张发生部分变形，如成垛的纸张置放于高湿度的环

境下，纸张的外缘吸湿，则产生皱纹和波浪形边缘，俗称“荷叶边”，这也是湿份卷曲的一种。拿重施胶的纸张与轻施胶的纸张相比，重施胶的纸张吸收水分较慢，当纸张表面吸收水分时，中间部分和另一面还未吸收水分，从而比轻施胶的纸张更易产生湿份卷曲。

一般来说，纸的反面比纸的正面在吸收同样的水分之后的伸长量要大，因此，一般在过湿的情况下卷向正面，在过份干燥的情况下卷向反面。

单面涂料纸在涂布时，涂布的一面内部变形消失，因此在干燥时卷向潮湿的一面，因此涂布混合物中的水分是涂料纸产生卷曲的主要原因。涂后是平坦的单面涂料纸，在高湿度的情况下，纤维表面与涂布表面的亲水性和伸缩率均不同，涂料反而能成为卷曲的障碍。

纸张卷曲的方向并不固定，可以由正面卷向反面，也可由反面卷向正面，也可以部分卷向正面，部分卷向反面。

纸张卷曲性因纸张厚度不同而不同，薄纸的抗弯性小，因此也就比厚纸更易弯曲。卷曲性又与纸张的制造工艺有关，打浆度高的长纤维纸，其抗张强度和残余应力均比较高，因而也比游离的短纤维制的纸更易弯曲，纸张中加入填料可降低纸张的内聚力，从而降低纸张的弯曲性，施胶的纸也比不施胶的纸更易弯曲。卷曲性与紧度也有关，紧度高的纸容易产生卷曲现象，而疏松的软纸就不易发生卷曲。卷曲性与含水量有关，湿度大的纸比湿度小的纸不容易产生卷曲现象。

十二、吸收性能

纸张内部有由网状纤维和天然填料颗粒之间形成的成千上万的小缝隙或毛孔，形成一个由无数窄小通道组成的结构，由于液体的毛细管作用，可以将液体吸附上来。毛细管径愈粗，吸收速度愈快。纸张的吸附性或液体的渗透速度取决于纸张毛孔的数量和毛孔直径的大小，也取决于液体的性质。

这里必须清楚吸油性和吸水性是纸张的两种完全不同的性质，在这两个性质中，印刷工人更加关心的是吸油性，因为印刷用的油墨绝大部分是油基材料。

印刷工艺要求纸张具有相当的吸收能力，使纸张能尽快地吸收油墨，印刷时纸张吸收的是油墨中的连结料，而颜料颗粒则留在纸张表面上迅速干燥。一般，纸张纤维间的空隙比颜料颗粒直径要大，在印刷时，油墨被压入纸张空隙之内，那些比颜料颗粒直径小的小纤维间隙在纤维毛细管的作用下吸收连结料。为了正确理解液体对纸张的作用，必须了解毛细管的作用。

纸张的多孔结构可用空隙率表示，空隙率是用纸张中空气所占容积的百分比表示的：

$$\text{空隙率} = 1 - \frac{\text{纸的实际容积}}{\text{纸的外形容积}} = 1 - \frac{\text{纸的外形密度}}{\text{纸的实际密度}}。$$

式中，纸的外形密度（即紧度）是从纸的定量及纸的厚度计算出的实际值。纸的实际密度是指构成纸张的纤维本身的密度。

吸墨量可以由空隙大小来讨论，纸张纤维交织成无限数量的毛细管，油墨填入空隙后，纸张中的毛细管吸收油墨中的连结料。如果纤维间的空隙很小，纤维的毛细作用受到破坏，吸墨性能也就很差；如果空隙过大，毛细管不仅吸收连结料，还吸收颜料，则产生透印现象。

从定量上分析，可利用哈根-波义秀尔(Hagen-Poiseuille)定律：在一定时间（t）内，从细管中通过的液体容积V是和管内半径r的四次方及两端压力差（$P_1 - P_2$）成正比，和细管的长度L以及液体的粘度η成反比，用式子表示就是：

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\pi r^4 (P_1 - P_2)}{8\eta L}。$$

这个公式说明毛细管径愈粗，对液体的吸收速度愈快。这个公式还说明了在压印瞬间油墨被压入纸张时的各种因素：印刷压力、压印时间的长短、油墨本身的粘度、纸张毛细管构造等与吸油性的关系。

纸张的吸油性与印刷品的质量有很大的关系。纸张吸油性低的，油墨转移到纸张上之后不会很快地被纸张吸收，这样未干的油墨就会转移到上面覆盖的另一张纸的背面，造成粘脏。假如吸油性太高，那就会过度的渗透，可能造成透印，或使表面严重失去光泽，如果印刷的是涂料纸，迅速的渗透可能造成油墨的粉化，这是由于连结料全都渗透入纸张纤维中，使留在表面的颜料得不到保护而引起的。

纸张吸水性对印刷业也很重要，但平印时因使用润湿液，也不得不与纸张的吸水性打交道，由于吸水性对造纸业比较重要，如对纸张进行水基涂布处理（如施胶）时就必须考虑纸张的吸水性，这里也就不多谈了。

十三、酸碱性

纸张的酸碱性(pH值)与印刷品的关系较大。这里说的是纸张pH值，但由于pH值是水溶液的特性，指水溶液中氢离子的浓度，严格地说纸张不能具有pH值。实际上我们谈到的纸张的pH值是指经浸泡过纸张的水溶液的pH值。

纸张的pH值应是中性的，但由于制浆和造纸过程中处理不当的原因，纸张有些是酸性的，有的偏碱性，如纸浆中带有有机酸或漂白时剩下的残氯，会使纸张呈酸性，而加碱性填料的纸张就呈碱性。

纸张的pH值是影响油墨氧化结膜干燥速度的原因之一，酸性纸张抑制油墨氧化结膜作用，油墨干燥时间变长，当pH值低于5时，干燥过程就会不同程度地减慢，甚至完全停止，低pH值的纸张，即偏酸的纸张对油墨干燥的影响，在相对湿度比较高的条件下印刷时更为严重（图5-33），由于在胶印中湿度要比凸印高，所以胶版印刷纸对pH值的要求要高一些。纸张呈碱性虽然都认为会加速油墨的干燥，但实际效果并不那么明显。

纸张或纸板的pH值如果不是中性的话，对平印工艺来说，还会影响到润版药水的pH值，如果纸张碱性太强，在印刷时，碱性

物质不断溶解，传递到水斗药水中去，就会中和一部分水斗药水，使水斗药水的酸碱度发生改变，这就会带来一连串的问题，如印版上感脂图文区域扩大，印刷品浮脏、油墨乳化等。

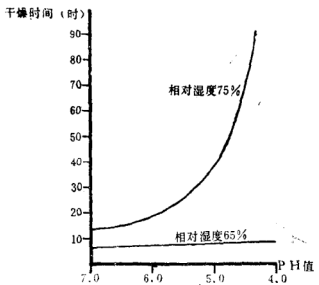


图5-33 纸张的pH值对油墨干燥的影响

对纸张的pH值加以限定还有其它一些原因。一些颜料在强酸或强碱条件下是不稳定的，在纸张偏酸或偏碱的条件下，印刷上的油墨经过一段时间后，某些颜色会消褪。纸张中如含有游离酸存在，则纸张纤维会逐渐被侵蚀，降低纸张的耐久性能。

大部分涂布纸的pH值大于7.0，这是因为涂料纸的涂料大多都是碱性物质的缘故，如果纸张的pH值超过10.5，就易使印上的油墨褪色，非涂料纸的pH值一般在5.5到7.0之间，如果该值低于5的话，就会发生油墨不易干燥的现象，尤其是在相对湿度很高的条件下更应注意。

十四、纸的印刷性能

纸张的印刷性能又称纸的印刷适性，指纸张适应于印刷的各种性能，即纸张在一定的印刷条件下（如印刷速度、压力，预定的质量指标）与印刷生产有关的各种物理性能和化学性能的总和。我们前面提到的紧度、匀度、平滑度、吸收性、透气度、挺度、柔软性、压缩性、表面强度、白度、不透明度、光泽度、pH值等，都与印刷品的质量密切相关。另外，有一类性能，如伸缩性、翘曲、皱纹、抗张强度、静电等指标，也与印刷作业有关，也属于印刷适性的范围。这些都在前面一一述及了。

纸张的印刷适性表示纸张能印成良好印刷品的性能。要了解纸张的印刷适性，通过对各项指标进行测试还是不够的，还需通过实际印刷或模拟印刷方式，对纸张的印刷适性进行全面评价。在实际印刷中，以掉毛脱粉的现象、油墨转移的好坏、油墨透印透影等等来评价纸张的印刷性能。对纸张印刷适性进行全面评价的最好方式是在印刷机上印刷或是在打样机上进行试印。

印刷时，油墨从印版或橡皮布上转移到纸上，而油墨转移的好坏是受纸张接受油墨能力及其平滑度的影响。然后转移到纸上的油墨开始干燥，油墨的干燥速度受到纸张对油墨的吸收性能、纸张的pH值和油墨干燥性能的影响。

衡量印刷适性的指标有油墨遮盖的均匀度、实地颜色中夹杂的斑点情况、网点轮廓的清晰度、着墨区与空白区的对比度、着墨区与空白区的整饰度、实地区与网点区的匀整性、印刷的清晰度与适应现象等质量指标，这些都可对纸张印刷适性的好坏进行综合评价。

印刷时，对不同的纸张可以通过调节印刷机上的墨量来获得较好的印刷效果，如果一批批的纸张不同，这就给印刷机的调整带来困难，纸张差异太大时，就不得不停车来调整印刷条件，如通过增减包衬的厚度来适应纸张厚度的变化等，否则会因纸的厚度变化造成压印力不匀而产生废品。同样，纸张的吸收性、油墨接收能力、透气度、平滑度等性能也都要求能够相同，这不仅要求各批的纸张应一致，还需保证整张纸上各个部位的性能都一致，两面印刷的纸张要求两面性能尽可能一致，这些就是纸张的均一性。

纸张的表面性能是纸张的性能中对印刷品质量好坏影响很大的性能，一般还要求纸张表面没有纸毛、明显的毛布纹和网纹，没有破损，没有太明显的水印等损害印刷品质量的弊病，没有硬块或砂粒等损伤印版的异物。一切对印刷有影响的外观纸病，如纸卷取不良、切得不整齐、折皱等都应在剔除之列。

第六节　纸和纸板的测试方法

我们已经了解了一些有关纸和纸板的原材料及生产方法等方面的知识，但作为印刷工作者来说，我们关心的是成品纸的性质，知道这些特性数据可以使我们在印刷过程中更好发挥纸张的特性；知道了纸张的性质，印刷工人可以向造纸工人要求具有某种特性的纸张，当然，我们并不需要告诉造纸工人用什么配比、什么样的工艺方法来制造具有这种特性的纸张。因此，介绍纸张的性质及其与印刷的关系，才是这章内容所要达到的目的。

上一节谈到纸和纸板的一些性质，这都是从定性的角度来谈的，这一节要谈的是从定量的角度来研究纸张和纸板的性质。

纸张的分类可以用几句话说完，但要了解这些纸张的区别就需要较长的时间，要有对各种级别的纸张的第一手经验，经验丰富的工人仅用眼睛看就能识别某一种纸张的大概组成和性质，然而，要更精确地鉴别和更完整地描述该种纸就只能依靠仪器来测定。当然，某些测定可以不需太复杂的设备就可以粗略地估计出某种性能，但也有些测试要借助精密仪器才能进行，有些仪器的操作也可能是相当复杂的，这种试验能否进行必须取决于工厂的实际情况。另一方面，有经验的工人能够通过辨别纸张的声响来判断纸张的好坏，而不必使用任何测试工具。介于这两种极端情况之间的，一般是做一些常规试验。例如印刷工厂的检验科就需对所进的纸张材料进行常规检查。常规试验只进行一些有选择的试验，而这些试验往往只需要使用简单设备便可进行，如果有条件，自然也可以在一些高级的研究用的仪器上进行更复杂的试验。

一、测试方法综述

测试纸张特性的方法有些是不必使用仪器的，用这些方法来测试纸张的特性完全是凭主观判断进行的，也就是说是凭人的感觉器官进行的。

通过简单的一看，我们可以得到很多有关纸张特性的情况。假如纸张只经过一般的机器压光，我们可以在纸的反面见到铜网网纹的痕迹。纸张经超级压光后，铜网印几乎被压平了，已经很难辨别出来。假如纸张是在双金属网抄纸机抄制的，两个靠丝网的面将全部朝里压在一起，这样就完全看不到丝网的痕迹。从纸的表面形状可以判断出丝网的走向，由此来判断纸张的纵向和横向。但有时光凭看就无法看出来，可以运用一些简单的方法以判断纵横向，可参见纵横向测试方法一节。

将纸张覆于灯上，可以判断纸张紧度的大小，可以观察纸张中杂质的含量大小，即尘埃度。将两张纸并排放置在印刷品之上，可以比较不透明度的大小。

通过撕纸也可以获得纸张一些性质。判断撕裂的阻力对于判断纸张的强度和配料是很有用的。我们知道纤维排列趋于沿机器的走向，纸张在垂直于机器方向（即横向）上有较好的抗撕裂强度，而在纵向上抗撕裂强度较差，因此撕纸也可以判断纸的纵横向。撕去纸的边沿观察纸边的纸毛的情况，可以判断出纤维的长度，同时还可以看出是否由几层不同的纸浆层组成，例如可用此法去看一下三层纸箱板是否由同一种组分组成。

有时很难区分纸张是经涂布的还是不涂布而只加填料的。我们可以用硬币的边缘斜着分别在涂料纸和非涂料纸上画一下，涂料纸会留下一个清楚的痕迹，而非涂料纸上的痕迹很浅。将纸张互相摩擦几下，涂料纸有时会从纸上掉下一些白色的粉末。

耳朵也和眼睛和手一样，在粗略估计纸张特性的时候，听觉也是很有用的。假如我们用手摇动一张比较次的纸，则纸张的声音不响，但要是一张很结实的高级施胶纸，就会发出清楚的哗哗声，根据响声的大小判断纸张质量好坏。

用手或棍子敲打卷筒纸，听其声音可以很容易判断，纸卷紧度是否均匀，发出较高声音的地方，显得很硬，这是由于纸张厚度不均匀，厚的部分相叠在一起，使直径变化而变硬了的缘故。敲出的声音小而显得软的部分是纸张薄的部分叠在一起的部位。

根据经验，这些凭主观方法对纸张特性进行估计一般很有效，如果在这些主观测试方法上有一定的经验，再加上能够用纸张测试仪器设备来验证凭经验进行的粗略估计，并改正一些错误的估计方法，那对生产也是非常有帮助的。

主观测试方法取决于个别人的判断力和技巧，并且很容易判断错误，对一些微小的差别就无法区分，不能用数据说明纸张的特性，试验也不是在标准条件下进行的，这样得出的结果很可能是不正确的。为了更精确地测试纸张特性，各种各样的纸张测试仪器应运而生，这些测试方法大部分都是由造纸业发展起来的，并且在大多数情况下也是为造纸行业所用的，这些方法中有一些也可用于印刷业，但是搞出一套直接与印刷过程中纸张性能有关的测试方法也只是从近年中才开始的，这方面的工作还很有限，但起码的经验还是有的，这就是：测试纸张印刷适性的一个最好的方法就是在纸张上进行印刷。

二、试样的采取

在纸张的各种特性中，印刷行业对纸张的均一性要求比较严，要求印刷机印刷出来的印品相同一致。印刷时虽然可以根据纸张的性质加以调整以获得最佳印品，但如果每批纸张的特性都各不相同，那么就无法一开始就建立起正确的印刷条件来，还要增加停车的次数和增加废页，使印品成本大大提高。可是，纸张的材料是不均匀的，没有两张纸、两个卷筒纸具有完全相同的性质，甚至一张纸的不同区域也有一定的差别。假如一桶油墨充分搅拌之后，从桶内的不同部分取出的样品大致是相同的，当我们从同一批制作的，但从不同桶中取出的样品也大致相同，它们的化学成分在同一批中也没有明显的变化。纸的情况却大不相同，从不同的纸张上取下来的小样品的组成就不相同，没有两张纸是绝对相同的。因此测试取样时就必须注意到这样的事实，由天然纤维采用现有的生产方法生产出来的纸张是千变万化的（当然同种纸张的变化是很小的），除非将来有可能用人工聚合物造出均

匀得多的纸张来。

考虑到这样的事实，使用一张纸去进行测试显然带有局限性，然而走另一个极端，对收纸器上的每一张纸都进行测试也是很荒谬的，除了从时间和人力、物力的浪费考虑以外，还由于有些测试是破坏性的，测试后的纸张就失去了使用价值。唯一实际的方法是从一批中取出一定量的样品进行测试，从中求出平均值，判断一下有无纸张的测量纸落到某种纸的极限范围之外，例如测量厚度规格为500μm的纸板时，如果按规定，纸张样品的平均厚度不得超过515μm，但测试时发现个别的纸垛中取出的纸的厚度达到550μm，这就超过了规定的范围。

采取试样的原则是以尽可能少的试样，最大程度的代表整批产品的特性。因为有些场合只能获得很小的样品进行测试，而又必须有代表性，这样纸张取样只能从成批纸张选择最小数量的令或垛，再从选取的这些单元中每一单元中抽取一定量（最小数量）的纸张。选取时不能凭主观而要随机取样，注意选出的样品中不要有太大的差别。取的数量，国家标准定为一批产品数量的3～5%，北欧一些国家采取的量则是按总数的平方根（$\sqrt{N}$）来取的，如这批纸有100件，则取10件。还有其它一些取法，不一一列举。

在取得包装单位之后，再从每个包装单位中选取样张。选取时平板纸从每件纸的上、中、下的不同部位各取1～3张纸用于测定纸张的物理和机械性质，每件纸中取1～3令用于检验外观纸病。卷筒纸除去外部破损、皱纹或其它外观纸病的纸幅之后，沿全幅宽切下长400 mm的纸页3～5张。

所取的纸样应能充分代表所检验的整批产品所具有的性质，不要有破损、皱纹等外观纸病。采取试样时要准确标明纵、横向，供水分测定的试样应立即置于严密、干燥的容器中，并加以密封。制取纸张和纸板供实验使用的样品的细节可以参阅国家标准GB450-79。

从纸垛中或令纸中取纸样时，要考虑到由于裁单张机常常

是由几卷纸一起供纸的，所以同一卷纸中的纸张在这垛纸中可能是按一个固定的间隔重复出现的。

了解一些统计学的知识不仅对抽样有帮助，而且可以对试验结果进行适当的解释。概率对取样方法作了一个最低标准，这就是：

①一批样品的每一部分必须都有选取的机会。

②选择的概率必须是已知的。

③称取每一试样的重量必须与选择的概率成反比。

三、湿度和纸张的测试

我们在前面的章节中已经谈到纸张的尺寸是随着纸张的水分含量改变而改变的。纤维对于水有一种亲合力，并且纤维吸收水分后会膨胀，使纸张在长、宽、厚三个方向上的尺寸都发生变化。纤维在直径方向上尺寸增加的百分比比它们在长度方向上的增加量要大得多，所以纸张的膨胀在厚度方向和横向上要比纵向大得多。

含水量不仅影响纸张的尺寸，也影响纸的许多特性，如纸张的物理性质、光学性质及电气性质。图5-34为强度特性随相对湿度改变而改变的情况。

纸张的含水量取决于周围大气的相对湿度。当纸张从一个房间移到另一个相对湿度较高的房间时，它的含水量将慢慢增加，直到它与周围的大气湿度平衡为止。在这个过程中，纸张的尺寸会发生改变，符合于给定的相对湿度的各种纸张的含水量是不相同的，但它与配料有关，例如，含有机械木浆的纸张在给定的相对湿度下比只含化学木浆的纸张的含水量要高。另一方面，填料含量的百分比越高，则它的含水量越低。

由于纸张的特性随它的含水量变化，而含水量又与周围大气的相对湿度有关，因此纸张的测试必须在标准大气条件下进行，当前通用的纸张和纸板测试的标准大气条件是20℃，相对湿度为65%，我国国家标准和国际标准都采用这一标准大气条件。在美

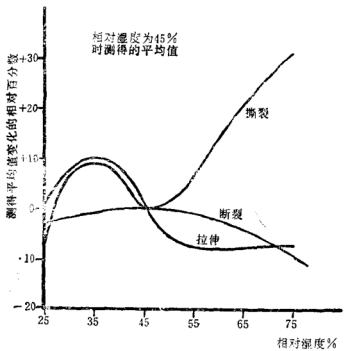


图5-34 纸张强度随相对湿度的变化而改变的曲线

国和其它一些国家标准选择23℃、相对湿度50%作为标准大气条件，采用这种较低湿度作为标准是考虑到相对湿度改变对纸张特性的影响在50%湿度时要比在65%湿度时要小，而且由于实验室、车间使用暖气设备的增加使纸张最终使用条件在相对湿度为50%时的可能性要比65%时大一些。在那些没有暖气或空调的实验室中测试纸张的相对湿度一般都在40～60%的范围内。

在纸张测试之前，把纸张在标准条件下存放几个小时，这样就有时间使纸张的含水量与周围环境达到平衡。一般低施胶纸为2小时，高施胶纸为4小时，厚纸板为24～48小时，也就是说，平衡的时间因纸张的种类不同而不同，以使纸张水分与大气湿度平衡为最终目的。一般是使间隔一段时间的前后两次测量的重量变化不超过0.1%时为止。

纸张含水量在一定湿度下达到平衡存在着滞后现象，从高湿度状态降到所控制的相对湿度时，纸张的水分要大于从低湿度状态吸湿到所控制的相同的相对湿度时的水分，为了消除滞后现象，可以预先在略低于所控制相对湿度的条件下（如在硅胶干燥器

或温度不高于60℃的烘箱中）预处理，使水分降低至平衡水分的一半左右，再在标准的温湿度条件下进行平衡。

没有恒温、恒湿的条件的单位可以在不同温度、湿度条件下测试，然后用一校正系数转换到标准温、湿度条件上来。

经过水分平衡后的试样，应尽可能避免用手抚摸或受呼吸的影响。

四、纸张的测试方法

纸张特性的测试方法的发展已经有许多年了，目前测试的种类繁多，现在摘要地介绍几种比较重要的方法。我们不是按照它们对印刷工作者的重要性顺序排列的，而是把重点放在那些影响纸张印刷性能的测定之上。

纸张的有些性质（如紧度和厚度）可以利用纸张一些量（如尺寸和定量）精确地确定定义，但大多数纸张测试的方法是以实验为依据发展起来的，实验时有些特殊的性质给出的值取决于使用的方法和测试条件。例如，有许多种仪器测量纸张表面的平滑度，但由于它们的设计出发点各不相同，所以它们测量的不完全是同一个性质，因此测试的结果还必须由测试的仪器来确定，这一点尤其要注意。

1.尺寸的测定：纸张（或纸板）的尺寸的测定就是用量具测量纸张（或纸板）的尺寸的几个特定值。如平板纸测量长和宽，卷筒纸测量宽度。

由于国家标准对各种纸张的尺寸规定的误差多为±3mm，尺寸测量的量具用适当的精度的就够用了，如国家标准（GB451-79）规定用精度1mm，长度为2m的钢卷尺进行测量，读数值准确至1mm（盘纸的宽度准确至0.25mm）。

为了保证测量值的准确性，对平板纸，取样时每包取三张，用所有三个测定值表示测定结果。

2.偏斜度的测定：平板纸的偏斜度指纸的长边（或短边）与其相应的矩形的长边（或短边）偏差的最大值，以偏差的长度

（单位为mm），或偏差与原长的比值（%）来表示。

根据定义，在测量时可将纸张按长边（或短边）对折，使一顶点重合，测量另一个顶点在纸张对折后的距离。对于不易折叠的平板纸板来说，可拿两张纸板，按正反面重叠，使正面的一边两顶点重合，然后测量另一边对应顶点之间的距离。

为了保证测量的准确性，每一包装单位取三张纸样（如为平板纸板，则取6张纸样）进行测定，以所有的测定值表示测定结果。

测量时精确至1 mm就行了。

3.定量的测量：定量的定义是纸张的单位面积的重量，因此测定的最简单的方法就是采取一定面积的纸张进行称量，通过下式进行计算：

$$\text{纸张定量}=\frac{\text{样张的重量}}{\text{样张的面积}}\ ,$$

单位为 g/m^2，计算结果修正约至三位有效数字。

称量纸张重量可用有一定灵敏度（如感量为0.01g）的天平进行。因此这种测定量的方法可以归咎于如何切取试样的问题。样品的尺寸大小各国均不相同，有的为500cm^2，有的为1000cm^2，有的为250mm×300mm等等，这样切取试样都是为了计算方便。考虑到纸张的均一性，这样尺寸的样品至少要取5张。我国国家标准规定为100×100mm的样张至少5张一并测量。

裁切样张可用切纸刀切取，但要求平行度很准确。也可用钢板做一样板，尺寸也为100×100mm，钢板的面积误差要在0.25%以内。

生产上为了严格控制定量，必须连续、自动地测定纸张定量，这些仪器有β—射线定量测定器，它利用纸张吸收β—射线的数量与纸张的质量有一函数关系的原理进行测试，经过压光的纸张由一个放射性同位素透过测量计和一个检波器之间通过，检波器测量透过纸张的β—射线数量，由此而得到纸张的定量。

4.厚度的测量：纸张的厚度即表示纸张厚薄的程度，用mm表示，各种测量方法都是为测得纸或纸板两个表面之间的垂直距离。由于纸张具有可压缩性，而测量头测定厚度时给予纸张的压力以及测试头的接触面积的大小对厚度有一定的影响，因此必须规定测试头的接触面积及测试压力。

测试纸张厚度时，在测定压力相同的条件下，所测纸张张数不同，得到的平均值也不同，有人对印刷纸做过实验，测得的数据如表5-28。

表5-28　　纸张张数和测得的厚度的实验数据

测试张数		1	5	10
平均厚度	1	61.5	58.2	58.5
(μm)	2	91.4	89.6	89.5

一般说来，所测张数增加，测得的平均厚度值减少。因此为了有一可比因素，必须对测试的张数作出规定。国家标准为一张纸。考虑到纸张的均一性，测试的张数至少5张，每张至少测试两处。在生产上控制厚度的测定，取全纸幅的横幅，取10个点测量。

根据这些测试的原则设计出的测试厚度的仪器称为厚度计，分手动、电动的两种。厚度计的工作原理是将试样夹于测量板与量砧之间，对试样施加一定的压力，此时测量板与量砧之间的距离通过厚度计的千分表量杆，经千分表内齿轮传动机构使千分表上的指针转动，这样就可由表上的读数读出纸或纸板的厚度值来。

仪器如图5-35所示，测试时用手按动手柄6，使杆4及负荷3一起上升，在负荷3的下端测量板2和机架底部量砧之间放一张试样1，松开手柄6，负荷3使测量板2紧压试样，指针就在千分表5上指示出纸张的厚度来。

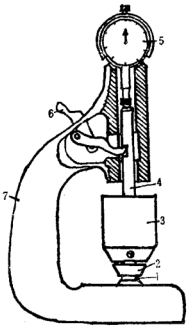


图5-35 厚度仪测试原理

仪器的测量板及量砧的测量面上要保持清洁，测试前要按规定的程序进行校准，然后抬起可动测量板至足以插入一张试样，插入试样，然后慢慢把测量板座落到试样上。这样做是减少齿轮侧隙给测量带来误差，慢慢放下测量板是不使试样接受超过规定的压力。考虑到纸张的伸缩性，试样受压时间不要少于2秒，也不要超过5秒，一般是等千分表上的指针稳定即可记录读数。刻度盘的读数精确到0.005mm。

误差范围：纸厚0～0.25mm的，最大误差一般为0.002 mm；纸厚0.25～1 mm的，最大误差一般为0.005mm；纸厚为1～5 mm的，最大误差为0.01mm。

测试方法的细节参见国家标准“GB451-79纸与纸板尺寸、偏斜度、定量、厚度及紧度的测定法”中的有关条目。

厚度的近似测量可以用千分卡尺进行，可在100×100mm的试样上的不同位置测量厚度至少4处，取结果的平均值作为测得的厚度值，准确至0.01mm。

5.紧度的测定：紧度是指每立方厘米的纸或纸板的重量，单位为g/cm^3。

测量时是按上述的方法测定出试样的定量和厚度之后，用下式计算而成：

$$D=\frac{W}{d\times 1000},$$

式中：W——纸或纸板的定量，单位为g/m^2；

d——纸或纸板的厚度，单位为mm。

计算结果修正约至$0.01g/cm^3$就行了。

6.纵、横向的测定：纸张的纵向指与造纸机平行的方向，横

向指与纵向垂直的方向。纵横向的测定可这样进行：

①与原试样的边平行地切取两条互相垂直的纸条，每条长约200mm、宽约15mm。将这两条纸条重叠，用手指捏住一端，使另一端自由地弯向手指的左方或右方。若两张纸条重合，则上面的一条的长边为横向；反之，则下面的一条为横向。

②与原试样的边平行地切取50×50mm的纸条，或切取直径为50mm的纸片，并标明相当于原试样的边的方向。将纸条或纸片漂浮在水面上，纸片卷曲的轴方向为纵向。

7.强度的测量：纸张强度的测量也是一种综合性测量，它测量的往往不是一种强度，各种实验仪器都能提供不同种类的纸张强度的情况与数据。

强度试验中比较重要的有抗张强度、撕裂度、耐折度和耐破度。强度实验对造纸业比较有用一些，但印刷业对这些指标也很关心，印刷时和使用时，要求纸张对某几种强度特性有一定的要求，这就要对这几个指标加以测量，对纸张的强度就可以作出评价。

进行强度试验时，要尽量避免样张已被折皱，或有小洞及其它消弱纸张强度的缺陷，否则会影响测量结果。

①抗张强度：抗张强度的测试是在规定的温度、湿度下以一定的测试速度在试样上沿垂直方向施加负荷，使纸张受拉裂断，测出纸张从拉伸至裂断这段过程中的最大负荷，由此用下式计算出试样的抗张强度：

$$\text{抗张强度} = \frac{G_p}{bd},$$

式中：G_p——纸张承受的最大负荷；

b——试样宽度；

d——试样厚度。

试验时还可测得试样因受拉伸而伸长的长度，用下式计算出纸张的伸长率：

$$\text{伸长率} = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\%,$$

式中：l_0——试样在测试前的长度；

l——试样在裂断时的长度。

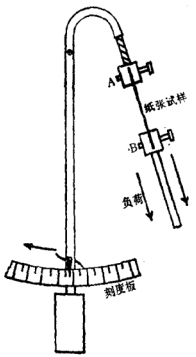


图5-36 摆锤式抗张强度测定器

根据以上原理设计的测试仪器有摆锤式(又称肖伯尔式)、扭力棒式、电感应式等数种，最常用的是摆锤式抗张强度测定器，我国国家标准也采用此种抗张强度测定器。

摆锤式抗张强度测定器是根据摆的平衡原理设计的。试样由上夹器与下夹器夹住，下夹器由传动装置带动，以一定速度下降，通过试样传至上夹器，上夹器通过链条使摆偏转一定角度，试样裂断时，摆可以立即停止摆动，由摆上的指针读出标尺上相应的读数，这就是试样的抗张强度。标尺上的读数是根据摆所转动的角度与抗张强度有一函数关系计算出来的。计算式如下：

$$G_p = \frac{W h \sin\alpha}{r},$$

式中：G_p——纸张承受的最大负荷；

W——摆的重量；

h——摆的重心与摆轴的垂直距离；

α——摆所转动的最大角度；

r——扇形的半径。

测定时，按“GB450—79 纸与纸板平均试样的采取及检验前试样的处理方法”取得试样，切取宽15mm、长约250mm的纸条，将其平行地置于已经校准过的抗张强度测定器的上、下夹中夹紧，然后进行测试。测试的具体细节参见国家标准“GB453—79 纸与纸板抗张强度和伸长率的测定法”中的有关条目。

测出的抗张强度还可以用裂断长或单位横截面的抗张力来表示。

用裂断长表示的，可用下式换算：

$$L = \frac{G_p}{B \cdot W},$$

式中：L——裂断长，单位为 m；

G_p——试样的绝对抗张力，单位为 g；

B——试样的宽度，单位为 m；

W——试样的定量，单位为 g/m^2。

计算结果修正约至 10m。

用单位横截面的抗张力 P 表示的，可用下式换算：

$$P = \frac{G_p}{F},$$

式中：P——单位横截面的抗张力，单位 kgf/cm^2；

G_p——试样的绝对抗张力，单位为 kgf；

F——检验前试样的横截面积，单位为 cm^2。

试样横截面积的计算精确至 $0.01cm^2$，而抗张强度的计算结果修正约至 $0.1kgf/cm^2$。

对用于制作纸袋用的纸，考虑到其使用时的情况，有人在对这类纸张做抗张强度试验时采用的是突然的拉力，测量用瞬时负荷拉断纸张试样过程中所做的功，这样的测试可在瓦德可普特（Var der Korput）试验仪或别克（Bekk）试验仪上进行。

②表面强度：表面强度指的是纤维、填料、胶料三者间的结合强度，纸张表面强度差的纸张会在印刷时发生剥纸、掉粉和起毛等现象，直接影响到印刷产品的质量。表面强度虽有起毛、剥纸、掉粉等几个类型，但表面强度的测试却都没有明确的区别，往往测试这种抗性时，也同时测量了纸张对其它现象的抵抗能力，因此我们把这几种测试方法都归到一起介绍。

表面强度的具体测试大都是根据发生掉毛、掉粉和剥纸现象的情况多是因为印刷时由于油墨的粘力大于纸张表面纤维、填

料、胶料之间的结合力而使这些小单元脱离纸张而掺入油墨中去的原理进行的，因此测试也是采用各种力对纸张表面进行粘拉，而测试纸张表面对这些力的抵抗能力。

纸张表面强度测试的最可靠的方法是采用 IGT 印刷适性测试仪，这种仪器如图 5-37 所示。这种测试仪是由两个部分组成的，一部分是由几根辊子组成的油墨分布系统，称油墨分布仪，用于测量分配的油墨量和在一个金属圆盘上涂布油墨，另一部分是印刷装置，印刷油墨就从金属圆盘上传到要测试的小纸条上。

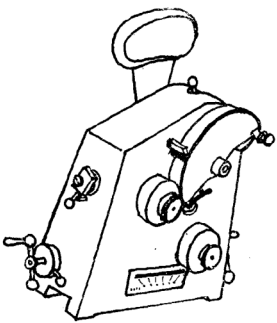


图5-37 IGT 印刷适性测试仪

用油墨吸管吸起已知粘度的油墨 1 ml，滴到油墨分布仪的分配装置上去，这个装置由一个镀铬的钢辊和一个聚胺酯辊组成，在 8 分钟的匀墨过程中(转速 50r.p.m.)，辊子不仅有转动，同时还有来回窜动（每两分钟来回一次），以保证油墨分布均匀。在它要传递到印刷装置之前，让辊子与金属圆盘接触45秒。

按对纸张的纵向、横向、正面、反面的测试要求，各制取 4 条以上的试样，仔细做好记号。取一张纸条夹在一个圆心角为 150～160°的扇形辊上，这与印刷机上的压印滚筒类似。印刷压力是由印刷装置一侧的一个手把进行调节的，如把压力调节在35 kgf。然后将扇形辊松开，扇形辊以逐渐增加的速度下落，因为油墨的粘性随印刷速度的增加而增加，这个关系会随着扇形辊下落时将油墨转移到试样上而在试样上表现出来，当印刷速度增加到某个数值时，油墨的粘力足够大，就会出现剥纸、掉粉等现象。此时，取下试样在低角度的照明条件下检查试样表面情况

（可以借助双目显微镜进行观察），测量印刷表面开始出现连续起毛的第一点（低速部分的孤立起毛点不算）与起点的距离，这可用来推算使纸张产生剥纸现象的最小印刷速度，这样就对纸张表面强度的情况作出了评价（图5-38）。一般来说，凸版印刷纸在印刷速度低于70cm/s时不应产生掉毛、剥纸现象；胶版印刷纸在低于105cm/s的情况下不应产生掉毛、剥纸现象。

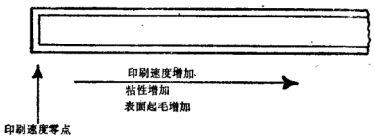


图5-38 IGT印刷适性测试条

这种测试方法还可用来检查纸张有无起泡、撕裂等现象，如果发生这两种现象也可测出出现该现象时的印刷速度。

如所用的速度未能使试样发生掉毛、掉粉、剥纸，就改用高速的速度盘，如最高速度仍未能使试样起毛，就换用高粘度的油墨，再变换速度进行试验，如所用油墨在测量一开始2cm以内就使试样发生起毛等现象，就要改换低粘度的油墨进行试验。

采用这种方法的缺点是所使用的仪器价格昂贵。一个可以代用的测试方法是丹尼森（Dennison）石蜡试验法，但效果较差。这种试验方法是采用18根不同级别的石蜡、蜂蜡等混合的石蜡棒，根据每级之间的粘着性能不同，在每根棒上编上号、染上颜色以便区分。测试时，取级别适当的石蜡棒，将一端在火焰上熔化后压在纸张的表面，待石蜡棒冷却并且固化15分钟之后将它从纸张表面拔下来，拔时在试样上面用一块带圆孔的木板压住纸张（图5-39），然后仔细地检查每一级别的石蜡棒下端的平面上是否有粘下来的纤维、粉质或纸片等纸张表面的单元。石蜡棒的编号越高，从纸上拔下蜡棒所耗费的力量也就越大。能粘掉纸张表面纤维的蜡棒的最低号数就代表了被测纸张的表面强度。

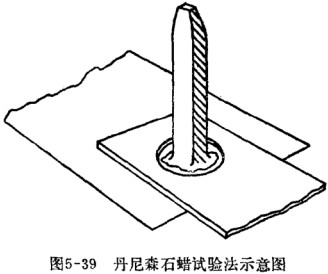


图5-39 丹尼森石蜡试验法示意图

丹尼森蜡棒试验法与印刷工艺没有什么类似的地方，但可以对纸张表面强度、特别是纸张在印刷过程中抗掉毛性能给予较正确的评价。由于熔化的石蜡在高温时会对纸张的组分产生影响，如使纸张中的树脂熔化、或使纸张所含的水分蒸发，以致试验很可能得出一些错误的结果，但这种方法因操作简便，测试费用很低而得到应用。而且，改进的丹尼森蜡棒可以不必加热来进行测试，将几支号数相近的蜡棒紧压被检纸张，并注意刚产生纸张拉毛的蜡棒的号数，以不产生纸张拉毛的最高号数，即刚产生拉毛的蜡棒的下一号数，作为被测纸张的表面强度。

对于涂料纸及用于平版印刷的纸来说，蜡棒级别要在6以上，而用于凸版印刷的纸可以略低一些，但其最低限度取决于印刷机的种类、油墨的特性和其它与印刷有关的因素。正式测试时，如能检查测试结果和经过一段时间印刷的结果之间的相互关系，有助于该测试方法的正确性。

其它测试表面强度的方法有：将纸张贴合在涂有特制油墨的玻璃板上，施加一定的压力（10kgf/cm²），观察分离时脱粉或掉毛的情况来比较表面强度的级别。该种油墨可由10份松香、5份蜡和1份图版油墨配成，涂在加热到60—70℃的玻璃板上，待冷却时就可进行。

湿粘法。用略带湿润的手指（通常是大拇指）重重地摁在纸面上，并稍稍揉动，观察手指上是否沾有纤维或粉质。

打样法。在打样机上对试样进行实地版印刷，油墨比印刷时

略粘一些，观察印刷的样张上纸张脱粉、掉毛的程度，或观察印版上有无纤维或粉质来比较纸张表面的强度。

称量法。将试样裁成 100×100mm 的样张，放在玻璃干燥器内进行干燥，约隔一小时称量一次，直至恒量，记下纸张此时重量。取出样张用干净毛刷在纸的正反两面纵横往复刷数次，直至纸张重量为恒量为止，记下纸的重量。计算脱落率：

$$K = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%,$$

式中：m_1——纸张在刷前的重量；

m_2——纸张在刷后的重量。

非涂料纸表面个别纤维被拉开的现象称为起毛。测量纸张在起毛方面的性质最好在一台小印刷机上进行，在标准条件下试印纸张，并借助显微镜或放大镜来计算粘在橡皮布上的纤维数量。

起毛测试仪的测试比较快速，又切实可行，它不需使用印刷机。试验时将纸张送进两个辊子中间，在一定的压力下辊子转动，这是模拟印刷条件进行的，两个辊子中有一个是包有橡皮布的，它可收集被测试的纸张与它接触的这一面掉下来的纸毛，然后计算胶皮辊上的纤维数量，这可作为表面起毛程度的指标。表面起毛程度的单位为每平方厘米内的纤维数。

由于纸张背面掉的纸毛要比正面掉的多得多，所以检查时判断纸面是正面还是反面很重要。

纸张掉毛的测试还可用图5-40所示仪器进行。试样 2 固定在金属滚筒 1 的表面上，滚筒 1 由小电机传动，利用杠杆 3 和重物 4 使刮刀 5 的刀口紧靠滚筒表面，刮刀摩擦纸面。称量试样 2 在试验前后的重量，就可以对纸张掉毛的程度作出评价。这种方法与印刷时的实际情况差距较远，但也可以对纸张掉毛程度做

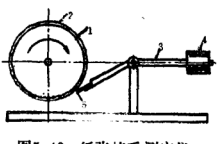


图5-40 纸张掉毛测定仪
1-金属滚筒 2-试样 3-杠杆
4-重物 5-刮刀

出描述。

纸张掉毛的简易试验可这样进行：将所要测试的纸页在经超级压光的黑纸上方抖动，根据从纸页上掉下来的纸毛数量对纸张掉毛程度做出评价。

③撕裂度：撕裂度是纸张抗撕裂的强度，用撕裂预先切口的纸或纸板至一定长度所需的力，以 g 表示。

撕裂度可以用手撕一张纸所遇的阻力作出估价，但要用数字来精确表达撕裂度的大小，只能借助于仪器来测试。根据定义设计的撕裂度测定器有爱尔门道孚式（Elmendorf）测定器。

标准尺寸的试样首先要经过一个特殊的裁刀裁切。试样是一小块长方形纸，在一条长边上切开 20mm 的切口（图5-41）。爱尔门道孚式测定器主要是一个很重的扇形的摆 1，装在支架 2 的滚珠轴承之上，由两个完全相同的夹子 3、4 夹紧纸张，夹子 3 固定在扇形板上，而夹子 4 固定在支架上，在静止状态时，摆处在图5-42b所示的位置，摆可以脱离平衡状态而被制动器所阻，如图 a 所示位置。松开制动器时，摆摆动而把纸张撕裂，摆撕裂纸张是靠摆原先的势能，即摆的重量与摆升高的高度之乘积。将纸撕裂时，摆停止摆动，偏向另一边，其角度比开始试验前的角度要小，摆停止时的角度大小由指针 9 在刻度 8 上指示出来。刻

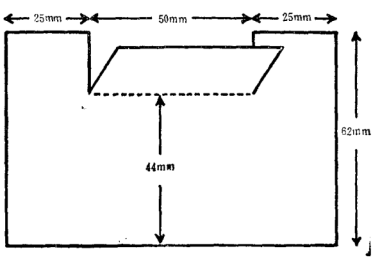


图5-41　爱尔门道孚式测定器所用试样

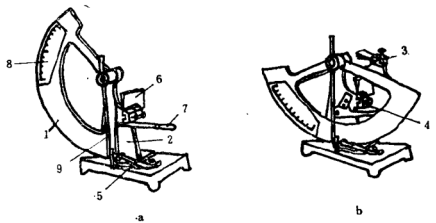


图5-42 爱尔门道孚式抗撕裂度测试仪

1-摆 2-支架 3、4-夹子 5-止动弹簧 6-试样 7-刀 8-刻度 9-摩擦指针

度一般直接标出撕裂纸样所需之力的克数，这可以用摆停摆时与原先高度之差计算出来。

样张必须在纵向和横向上都进行同样的测定，各取5个读数。试验时可以测量多层试样的撕裂度，这些试样一半为正面、一半为反面叠合在一起。测得的撕裂度可以表达成观测值乘以摆系数N的形式（普通比值为8），把它除以参加试验的纸张的张数：

$$C=\frac{a\cdot N}{n},$$

式中：C——撕裂度，单位为g；

N——摆系数，国家标准GB455—79定为16；

n——一次试验时试样的层数；

a——试验时指针指示的刻度值或格数。

用爱尔门道孚式测试仪测试的不是测量纸张纸边的撕裂度，而是测试已经开始撕以后的撕裂度。纸张边缘的撕裂度可以采用康科拉（Concora）扭转撕纸测试仪。

我国国家标准采用的是爱尔门道孚式撕裂度测定器，具体测试方法请参见国家标准“GB455—79 纸与纸板撕裂度的测定法”中的有关条目。

④耐破度：耐破度指纸在单位面积上所能承受的均匀增大的最大压力，单位为kgf/cm²。

耐破度试验是在这样的原理上发展起来的：假如将一张试样紧紧地贴附在一个纯橡胶膜上，然后橡胶膜慢慢地膨胀起来，使纸张逐渐绷紧，直到最后绷断时为止。此时橡胶膜内的压力就代表了纸张耐破度的测量值（图5-43）。橡皮膜内的压力可以采用液压的或气压的方法来达到。

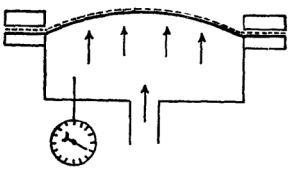


图5-43　耐破度测试原理

缪伦式耐破度测试仪（图5-44）就是以这一原理为基础的。试样牢牢地夹在直径为30.48 mm（测纸板用的为31.5mm）的圆环3上，试样下面是由螺丝4、圆环3紧压着的厚为0.8～0.9mm（测纸板用的为2.5 mm）的橡皮膜2。仪器上部有一钟形盖8，在偏心杠杆9使钟形盖紧压在小平台的台面上，钟形盖的底部与小平台的台面紧贴，将试样紧紧压住。通过手轮6使活塞5动作，对腔内的液体（如甘油，20℃时为20°Bé）以95 ml/min（测纸板时为170ml/min）的速度施加压力，这个压力由压力表7指示出来。压力使橡皮膜鼓出，呈球形。当压力施加到一定值时，纸张破裂，记录下此时压力表的数值，这就是纸张的耐破度。

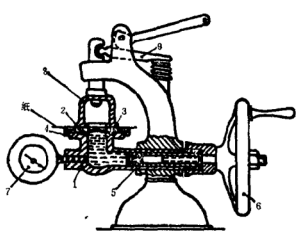


图5-44　缪伦式耐破度测试仪
1-机体　2-橡皮膜　3-压紧圆环　4-联接螺丝帽　5-活塞　6-推动活塞的手轮　7-压力计　8-钟形盖　9-偏心杠杆

我国国家标准就是采用缪伦式耐破度测定器测定纸张和纸板

的耐破度的，具体细节参见国家标准“GB4540—79 纸耐破度的测定法”和“GB1539—79 纸板耐破度的测定法”中的有关细节。

纸张耐破度和纸板耐破度所用的缪伦式测定器的试样夹子、胶膜、加压速度等都有所不同，纸板测定的有关数据都要大一些。

用检测时压力表的绝对值表示的，称为“绝对耐破度”，一般耐破度是将不同定量的纸的试验结果换算成定量为100g/m²的纸张的耐破度，称为“相对耐破度”。相对耐破度可按下式计算：

$$\text{相对耐破度 (kgf/cm}^2\text{)} = \frac{P}{W} \times 100,$$

式中：P——试样的耐破度，单位为 kgf/cm²；

W——试样的定量，单位为 g/m²。

用气体加压的仪器结构比较简单（图5-45），它不仅可以用来测量压破纸张所需的力，而且能够测定在不同负荷的情况下纸张弯曲的程度。这一性能使得这种测试方法对印刷业更加有用一些，因为，印刷业关心的主要是印刷用纸的弯曲度，而不是压破纸张所需的力，弯曲度的测量结果与凸版印刷为获得优良的印迹所需的印刷压力以及印刷用纸的印刷适性有关。

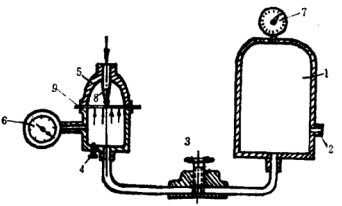


图5-45 耐破度测试仪示意图

1-压缩空气贮存器 2、3、4-气阀 5-钟形盖 6.7-压力计 8-杆 9-试样

试验时，用手提打气筒将压缩空气通过气阀2打入机体的容

器1中，根据压力计7控制容器内的空气压力，转动手轮4将压缩空气自容器内放出，对试样9加压。转动手轮使钟形盖5将试样9紧紧压住，在实验时，纸样被压破的面积为10cm²。利用压力计控制加于试样的空气压力，与指示器连接在一起的杆8，能检查弯曲度的大小（0～30mm）。试验结束后，压缩空气由阀4从钟形盖下面排出。

⑤耐折度：纸张的耐折度指纸张在一定力的拉伸下，经来回折叠（往复180°）使其断裂，以断裂时折叠的次数表示。耐折度的数据单位是双折次。另外，由于纸张纵横向的抗张强度不同，因此，纸张按纵、横向裁样进行测试所得的耐折度分别称为纵向耐折度和横向耐折度。

耐折度的测试特点是测试结果变化很大，它因检验方法不同（如使用仪器不同）而不同，或因纸张本身变化而变化。在测试过程中，纸张会产生发热现象，而使耐折度产生变化，因此在仪器上应增加降温装置，如加一风扇散热。无论如何，耐折度测试的结果还是有变化的，因此耐折度指标必须有一定的公差，一般来说，高级纸最少为20%，普通纸最少为30%。

测试耐折度的仪器也很多，有肖伯尔(schopper)型、M.I.T型（麻省理工学院创制），以及北欧一些国家国家标准采用的科赫尔-莫林型（Köhles-Molin）仪器，还有其它一些测试仪器。我国国家标准采用的是肖伯尔式耐折度测定仪。

肖伯尔式耐折度测定仪是最常用的测量纸张耐折度的仪器，它的原理是在试样两端加以规定的初张力（770-790 gf）之后（如图5-46a），由曲柄滑块机构带动折叠刀片往复运动（如图5-46b和图5-46c），折叠过程中试样张力做周期性变化，其周期为曲柄回转周期的一半。折叠刀片移至极限位置时，纸张的最大张力为1000gf。由于折叠时折缝处的纤维结构松弛，强度降低，到承受不住1000gf张力时纸张开始断裂。此时反复折叠的次数即为耐折度。这个次数是由计数器对曲柄的转数加以记录而获得的。

详细的测定方法参见国家标准“GB457-79 纸耐折度的测定法”和“GB1538-79 纸板耐折度的测定法”。

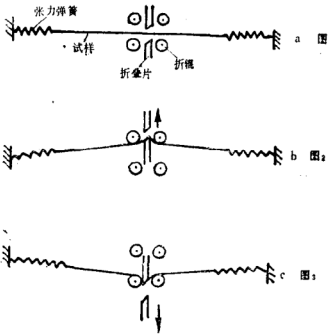


图5-46 耐折度测试原理

8.光学特性的测量：纸张的外观取决于它的光学特性，其中包括它的不透明度、光泽度、颜色和光泽。一个有经验的人可以凭眼睛来判断这些特性，但是由于需要有更精确的测量，已经发展起了一些测试方法，这些试验方法大多采用了光学仪器作为测试手段。

①不透明度：不透明度是纸张阻光的能力，也就是纸张阻止入射光通过的程度，在印刷品上表现为纸张不让反面的文字透过来的能力。因此不透明度的测试就是测试印刷的不透明度。

印刷不透明度的测试是测量垫有标准黑板的单层纸页的反射率与多层纸页的反射率，计算其比值，作为印刷不透明度的指标，可采用测量白度用的光电反射计或白度计进行，滤光片用绿色滤光片，测试多层试样（层数以不透光为准，即测试的反射率不再变化的试样层数）的反射率，再用多层试样的第一张试样垫标准黑板（反射率小于0.5%的黑天鹅绒或其它黑色材料）进行测试，用下式进行计算：

$$O = \frac{R_0}{R_\infty} \times 100\%,$$

式中：O——印刷不透明度，%；

R_0——用全吸收黑色衬垫纸张所测的反射率；

P_∞——多层试样反射率。

测量不透明度的具体方法请参见国家标准“GB1543-79 纸不透明度的测定法”中的有关条目。

不透明度还可采用对比法测定。对比法是测量垫标准白度板的单层纸样的反射率与垫有标准黑板的单层纸样的反射率，计算其比值，以此作为试样的不透明度。由于垫有标准白度板的纸张被照射时，标准白板纸对光吸收性很小，因此纸张垫有标准白度板的反射率能够反映出纸张的反射率。而垫有标准黑板的纸张受照射时，光线通过纸张到达标准黑板，因黑板的反射性很小，透过纸张的光线绝大部分被吸收，因此只有未透过纸张那部分光量被反射，前后反射值之比，就可描述纸张被光透过的程度。此值越大，则表示纸张不透明度越高，反之，不透明度越小。测试时选用绿色滤光片，使垫标准白度板的试样的反射率为100%，然后测量垫标准黑板的试样的反射值，该值即为试样的不透明度。

试样的不透明度可用下式来表示：

$$C_{0.89}=\frac{R_0}{R_{89}}\times 100\%,$$

式中：$C_{0.89}$——试样的不透明度，%；

R_0——试样垫标准黑板的反射值；

R_{89}——试样垫标准白板的反射值。

不透明度的反面即透明度。轻工部标准“QB141-61 纸透明度的测定”给出了测定的方法。其方法是在一个标准记号或一张印刷品上覆盖纸张，测定看不见记号时共覆盖了多少层纸，以纸页的层数来表示透明度的大小。试验时，标准记号或印刷品下衬有不反光的黑纸。

另一种方法是采用一套有17张印了黑色油墨的标准印张，每一张都有印刷不透明度从71%到100%的测量度，要测试的纸张被放在印有100%不透明度的纸上，然后从标准样张系列中挑出一张，其上的图象密度值减少程度与测试样张相同，该标准样张上标有的度数则为试样的不透明度。

这两种测试方法是完全主观的，它的准确性因标准纸张系列是间隔的、跳跃的而受到限制，不透明度的细微差别就无法测出，但这种方法可以使我们对纸张的印刷不透明度有个粗略的估计。

②颜色：颜色的测量在大多数情况下都是凭眼睛来测量的，印刷业一般只需判断两批纸的纸张是否一致就行了。这对于有经验的印刷工人并不算什么，一般都能判断得十分准确，并没有任何数据上的要求。

对试样进行比较时，只要将两张试样并排放置在标准照明条件下进行观察，凭着以往积累的经验和观察时细心的态度，在许多场合下，这样的测试也就足够了。

但是这种主观的测试方法肯定也有它的局限性。这就是每个人的“眼光”不同，对试样的评价也各不相同，即使是同一个人，颜色使视觉疲劳等原因也会作出不同的结论。要使印刷业与读者、造纸部门的眼光一致，必须要有科学的测试方法。

颜色的测量采用具有特定波长的光线去照射样张，然后测量从纸张表面反射光的量，记录下样张在不同波长的光线照射下的反射率，就可以获得纸张颜色三属性方面的数据，这些测量仪器都是比较昂贵的，但在实验室中又是必不可少的。

反射型光电分色计(Elrepho)就是测量颜色用的手动的感光度极高的仪器，在国外规定为测量纸浆、纸和纸板光学特性的标准中采用的仪器。这种仪器的结构如图5-47所示。被测试的纸张放在球体中一个直径为35mm的孔A上，由灯L_1、L_2发出的漫射光照明。一个标准白板放置在第二个孔B上。将测量头O_1和光电管P_1直接放置在与A相对的位置上，它只接收从样张上反射出的光线，测量头O_2和光电管P_2安装在与B相对的位置上，所以只接收由B孔的标准板的反射光。滤色镜F在光电管前面，这样可以通过一个旋转机构同时改换，然后对每一对给定的滤色镜都记录一次从样张上的反射光强和从标准白板来的反射光强并进行比较，最后用曲线表示各种不同波长的光从纸面反射的情

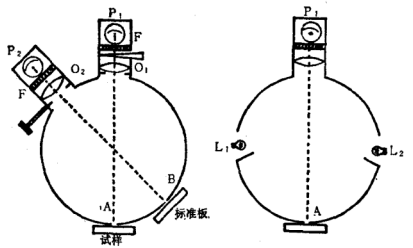


图5-47 Elrepho 反射型光电分色计原理图

况，图5-48就是对红色印品进行测试的分光光度曲线。

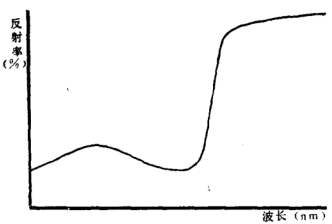


图5-48 红色印品的分光光度曲线

这种仪器的优点之一是样张采用漫射照明，这种试验条件与我们日常看到的纸张受光情况很类似。

在印刷行业和造纸行业中为了控制质量而采用的另一种仪器是 EEL 反射比较仪，它的原理与 Elrepho 仪器有所不同，但构造比较简单、价格也比较便宜。这种反射比较仪的测试原理如图5-49所示。白炽灯的光线经过透镜会聚之后，通过滤色镜以 45° 角照射到试样上。滤色镜的作用是让可见光谱的部分光线通过。这种颜色的光被样张反射之后，一部分光反射到位于样张上方的光电管中，它与光源入射的角度也是 45°，这样任何由纸张光泽引起的镜面反射都不会照射到光电管上，光电管把接受到的光能转换成小电流，由微安表记录下电流的大小。

使用的时候，比较仪的测量头先要对准一个标准白板（一般为碳酸镁），以标准白板反射到光电管的光强在刻度盘上表示为100%，然后测定样张的反射光线，其读数如果在刻度盘上表示为标准白板测定值（定为100个单位）的四分之一，即25个单位时，说明反射光线只有入射光强的四分之一，以25%表示。用第二块滤色镜换掉上一块滤色镜，此时通过的光线是可见光线中的另一部分光线，比较仪再次用标准白板进行校准，然后再对样张进行测试。反复使用一系列滤色镜就可以测出样张对整个可见光谱的反射率，然后可画出样张对各种波长的光线反射率的百分比曲线图。但它的精确性和连续性不如连续式记录的分光光度计描绘的曲线图。

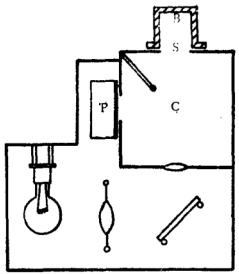


图5-49 EEL反射比较仪的原理图

在比较仪的测量头可以安装不同数量的各种滤色片。这种仪器还可用于纸张的白度测量，详见“白度测量”一节。

③白度：白度是纸张受光照射后全反射的能力，因此纸张白度的测量就与照射光源的能量分布、观察的条件、接受光反射的器具都有关系，要对各种纸张的白度加以比较，就必须对这三者加以规定。一般采用的照射光源为色温2800K的钨丝灯泡，在测试含有增白染料的纸张时，为了刺激纸张中的荧光增白剂，需采用含较多蓝紫光或紫外光成分的光源，如氖灯或水银灯，这种光源的波长在360nm处最强，色温为3000K左右。当入射角为45°时，在反射角为0°处观察、或者是入射角为0°，在反射角为45°处观察。接受反射光的器具前可加各种不同波长的滤色片，以测定纸张对不同波长色光的反射程度。接受器测定的是光强，一般采用硒光电池或光电管等。为了不使接受的光能受外界的影响，在有些光路中采用了双光线路，或是补偿的接受器。测试是

采用了标准白度样板，一般以氧化镁的白度为标准白度(100%)测定纸张反光程度时，以相对于氧化镁的试样反射率作为试样的白度。

以上面的要求设计的纸张白度测试仪器种类很多，大体分为两大类：一类为直读式白度计，一类是光电分光光度计，结构各不相同，因此测试结果也有所不同。

我国国家标准“GB1542-79 纸与纸板白度的测定法（蓝光法）”采用的是直读式白度计“ZBD白度计”，采用钨丝灯（6V，15W）作为光源，入射角为45°，反射角为0°。接受器为硒光电池，试样白度越高，反射出的光也越强，硒光电池接受的光通量也越大，在光源与试样之间有一滤光片，可吸收波长在500nm以上的可见光和一部分蓝光，对波长在360～400nm间的光的透射性能比较好，第二滤光片消除了反射的紫色光与紫外线，但允许被紫外线激发的荧光波长约为440nm的蓝光进入光电池。仪器中采用了与双光电池同极连接的补偿电路，有效地缩小甚至消除了因光源的变化或光电元件衰老所造成的测试误差，保证了仪器的稳定性。

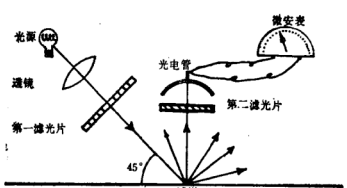


图5-50 ZBD白度计的测量电路

具体的测试方法可参见国家标准“GB1542-79 纸与纸板白度的测定法（蓝光法）”中的有关条目。

④光泽度：光泽度是表示纸张光泽的程度，有镜面光泽度和对比光泽度两种。

镜面光泽度的测试是测量以入射角θ入射的试样镜面反射光束φ_s，以及折射率为1.567的黑色玻璃或其它材料表面在同一条件下的反射光束φ_{0s}，然后用下式计算镜面反射率G_s：

$$G_s(\theta)=\frac{\varphi_s}{\varphi_{0s}}\times 100\%$$

测试时角θ可为20°、45°、60°、75°等。

图5-51为光泽度仪的原理图，光线从光源发出后，经聚光透镜照射到试样上，光线又反射回来投射到接收窗，为使来自不同途径射入接收窗的光量变成一种均匀的量，在接收窗后装有一个光混合器，将光混合，然后，通过光电管转变成电量，用指针表示出来。

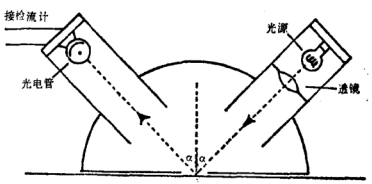


图5-51　光泽度仪原理图

用洁净、光亮的黑色玻璃作为高光泽工作标准块，其光泽度值作为100标准光泽单位，它在测试前放在样品孔上用以校准仪器，测试前还需校对仪器零点，并放上中间标准块，这是一块陶瓷块，测定其光泽度值，如超过指定值一个光泽单位，则要校正仪器的光谱及光度。整个校对完成之后，放上所测的试样，就能直接读取其光泽值。测试时要分别测量5个试样的正面纵向、正面横向、反面纵向、反面横向的光泽度值，然后取其平均值，并标注上最大值和最小值。

9.平滑度的测量：纸张的平滑度表示纸张平整的程度，由于纸张纤维结构的形状复杂，平滑度实际上就是描述纸张表面形状的指标。

要知道纸张表面的形状，最直接了当的方法是观察，最早使用低倍数的显微镜，使显微镜集中观察一小块纸面，记录下焦点微分调节器的读数，将纸张移动一定距离，再调节显微镜，记录下此刻调节器的另一读数，用这种方法可得到相当精确的纸张表面形状。把照明角度放到很小的程度，可提高观察的效果。用显微镜观察还可检查到纸张表面的其它缺陷，如涂料层或纤维层的脱落、针孔或纹理，还适用于研究印刷缺陷。用这种方法测试后，得到一条表面形状的曲线，为了表示平滑度的大小，需对表面形状曲线进行数学处理，用此种方法比较烦琐，测试时间很长，不利于生产控制。

在这种方法的基础上，发展起一种触针法的测试手段，这种测试法与机器制造业测量金属零件的粗糙度方法相似。该法是用一支尖端极细的针在纸张表面上移动，触针随纸张表面凹凸不平而上下移动，用各种方法（如电子器件）将上下跳动量放大，将数据在比较简单的电气回路上用表格记录下来。用这种方法测量平滑度不太适合于纸张，因为纸张过于柔软，而且强度也不够高，故这种方法用得比较少。

平滑度可以用光学的方法测定，测定的方法有斜光线法、光切断法、光的散射法及光学性接触的查普曼（Chapman）试验器等几种。

光学性接触法是把被测试样置于从上方照明的玻璃棱柱体下。用两个光电管对全部纸张的反光量和纸张表面与玻璃接触部分的反光量相比较。一条基本平行的光线通过棱柱体，折射后垂直地照射在试样的表面上，反射出来的光线与棱柱体约成41°8′的角度，试样表面的凹凸不平使反射出的光线数量不同于不与棱柱体接触的纸张表面反射的光线数量。这两个光电管对此进行测定，再加以比较。纸张越平，棱柱体玻璃与纸张的接触面积越大，这两个数值就越接近。查普曼试验器的改进型可以把接触面积和不接触面积的图形显示出来，这种方法可以看到表面凹凸不平的不规则分布情况。这种方法对研究工作有较大的好处，但对印刷厂

和造纸厂的常规控制来说，不是最有效的测试方法。

平滑度还可用空气泄漏法来测定，这是实验室中测定平滑度的最常用的方法。

空气泄漏法的原理是：纸张在一定压力的作用下与一平面接触时，两个表面之间的孔隙体积与纸张表面粗糙程度成比例，从两个接触面之间通过的空气流速也与孔隙体积成正比。根据这个原理设计的气流式仪器有别克式(Bekk)、威廉斯式（Williams）和格利式（Gurley）等等。检验时将纸样以一定的压力夹于一个标准平面上，测量在一定真空度下一张或多张纸样与标准平面之间通过一定容量的空气所需的时间，因此平滑度可用空气泄漏时间的长短来表示，单位用秒。

用空气流量表示平滑度的仪器有本特生式(Bendtsen)及谢菲尔德式（Sheffield），它测量在一定空气压力下、一定时间内通过纸面的空气流量。

这几种根据空气泄漏法设计的平滑度测定仪虽然各不相同，但测定平滑度较低的纸张（平滑度低于200秒）时，测得的结果与别克式平滑度测定仪一致。就测定速度而言，本特生式试验器要快一些。

由于空气泄漏法所得的结果能相当好地说明纸张的平滑度，测试方法比较简单，我国国家标准也采用别克式平滑度测定仪作为测试平滑度的手段，详见国家标准“GB456-79 纸平滑度的测定法（别克式测定仪）”中的有关条目。

别克式平滑度测定仪要测定的是：在一定真空度和试验压力下，一定数量的空气通过试样和支承玻璃砧之间接触表面所需的时间。试样越平滑，它与玻璃砧的接触就越紧密，空气通过得越慢，完全通过的时间就越长，表明试样的平滑度越高。试验时，在带孔眼的玻璃砧1和金属盖板2之间放入待测定的试样8，通过压紧螺旋5使带有胶膜4的盖板2对试样和玻璃砧施加1 kgf/cm²的压力，这个压力是由杠杆7供给的。将三通阀8拨向“P”位置（图中a所示的位置），以使真空筒6和真空抽气

泵相联接。用抽气筒使真空筒6内呈真空，并以真空压力表9控制所需的真空度。当真空表的水银柱上升到上部刻有的红线时，此时真空筒内的真空度为380mmHg。然后将三通阀8拨向“M”位或“m”位（图b所示的位置），使空气稀薄的真空筒6和玻璃砧1的孔眼相连接，这样，空气开始从纸面和玻璃砧之间进入真空筒6。当水银柱下降至下面的红线时，此时的真空度为360mmHg，这样所透过的空气相当于10ml。记录下此时的时间，这就是纸张的平滑度。测试完毕将三通阀拨至“0”位。

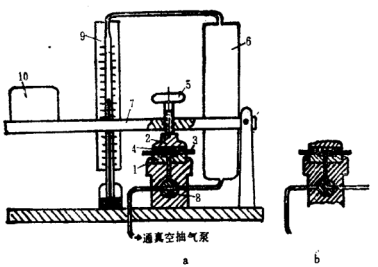


图5-52 别克式平滑度测试仪

1-带孔眼的玻璃砧 2-金属盖板 3-试样 4-胶膜 5-压紧螺旋 6-真空筒 7-杠杆 8-三通阀 9-真空压力表 10-砝码

三通阀“M”位为进10ml空气。三通阀“m”位为进1ml空气，用于测量平滑度高的纸张（平滑度大于200s），测得的结果需乘以10才为试样的平滑度。如果测量平滑度低于5s的试样，为了使测试结果更准确，可让空气进入量大一些，取100ml空气，测试时测量真空度从482mmHg降至282mmHg所需的时间，测得的结果除以10才为试样的平滑度。

仪器的容积与进气量的关系可根据

$$\text{压力} \times \text{体积} = \text{恒量}$$

的式子进行计算。

$$H_1V_1 = H_2V_2,$$

式中：H_1——$H_1 = 760\text{mmHg}$，标准大气压力；

H_2——所求压力与标准大气压之压力差，单位 mmHg；

V_1——在所求压力下，圆筒中的空气在标准大气压力之下的体积；

V_2——圆筒的总容积。

在380mmHg降到360mmHg时空气进入10ml，则圆筒的容积可如此计算：

空气压力在380mmHg时，有

$$760V_1 = (760 - 380)V_2,$$

在360mmHg时，空气进了10ml，

$$760(V_1 + 10) = (760 - 360)V_2.$$

由这两式可得：

$$V_2 = \frac{760 \times 10}{380 - 360} = 380(\text{ml}),$$

这是三通阀在M位置的情况，当三通阀在m位置时，进气量为1ml，所用的圆筒的体积应为：

$$V_2 = \frac{760 \times 1}{380 - 360} = 38(\text{ml}).$$

别克式仪器和其它使用空气泄漏法的平滑度测定仪测出的平滑度都是以秒为单位的，但是这个单位与纸张平滑的程度是非线性的，也就是说平滑度为N秒的纸张并非是平滑度1秒的纸张平滑程度的N倍，这里“秒”并非是平滑度固有的测量单位，而是用来描述纸面的平整程度的一种单位，并非与原来单位有线性关系。

本特生式仪器的原理是当内部压力略大于大气压力的情况下，空气从放在纸张表面上的一个薄金属环下泄出（图5-53），纸张越平，则金属环与纸张之间的接触越好，它们之间的缝隙越不容易使空气泄漏出去，空气泄出去的速度即可说明平滑度的大

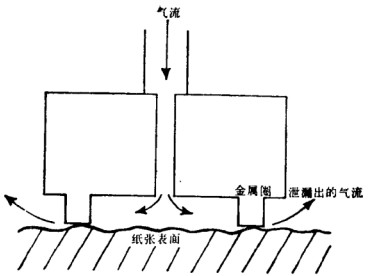


图5-53　本特生式平滑度测试仪原理图

小。这个特性提供了纸张结构方面的情况，所以它对于造纸业来说是有价值的，因为它在纸张准备涂布或浸渍时有非常实际的参考意义。仪器使用压缩空气，在空气通路途中设小孔，把流量变成压力量，用水银流体压力计测其绝对压力，水银柱越高，则空气通过纸面的流量越小，平滑度越高，这种仪器可以不必要求具有流速计那么高的精密度，也不需要定压装置。

Print-Surf粗度仪也是利用空气泄漏法设计的，试纸的下面垫上实际印刷中的印刷机滚筒包衬或者是标准的同类物品。测试头（图5-54b、c）的设计使通过纸张流动的空气减到最少，并防止测量环的损坏。这种仪器能够准确地预报印刷质量因粗度变化而产生的微小变化，它一般用于铜版纸和非涂料纸的质量控制。

这种方法与印刷条件比较相似，而另一种测试平滑度的方法是采用一定体积的液体在一张平整纸张表面铺开的面积要大于在粗糙表面上铺开的面积的原理，在一个带有小孔的容器中装有一固定量的油，然后将其以不同的速度在纸面上拉动（图5-55）。油在纸张上产生的轨迹长度可以用来估计纸张的平滑度，还可以以来估计纸张的吸油特性。

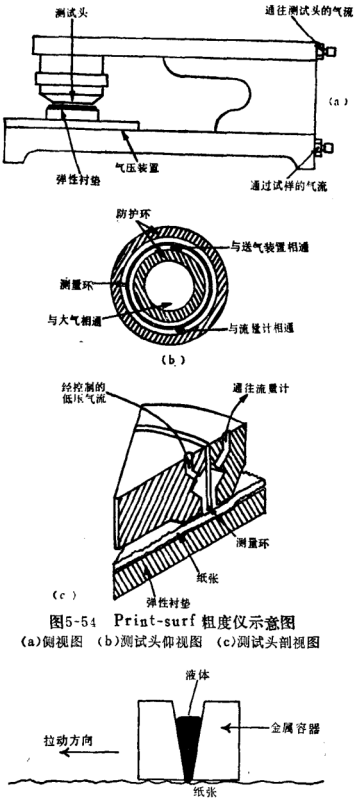


图5-54 Print-surf 粗度仪示意图
(a)侧视图 (b)测试头仰视图 (c)测试头剖视图

图5-55 PIRA 油迹法测试平滑度和吸收度的原理图

基于同样的原理，IGT 印刷适性仪也可用于测试纸张的平滑度。固定量的液体（油墨）在印刷辊间打匀后，用测试仪的扇形压印辊转移到纸张上，纸张表面产生的印迹面积与平滑度有关。这种仪器还可用另外一种方法测量纸张的平滑度，即保持一个标准印刷压力时，如果油墨层的厚度是逐渐增加的，那么可以用产生连续调印刷所必需的最小油墨层厚度来描述纸张的平滑度。

上面所说的纸张平滑度的测试方法多种多样，没有一个能够完全满足测量纸张平滑度的要求，多多少少都有它的缺点：它们在测试时大都是在静态的条件下测试，而印刷时却是在动态的条件下进行；有些方法需要使用相对比较昂贵的仪器；有些方法需要较高的操作技巧；有些方法的测试时间对控制目的的测试来说要偏长一些。究竟采用什么方法试验平滑度要综合考虑，我国国家标准采用的是别克式平滑度测定仪。

10.尘埃度的测量：尘埃是指纸面或纸内的杂质，颜色与纸的颜色有明显的不同，尘埃度指纸含杂质的多少，可用尘埃的最大长度计算。如尘埃为长条形就以尘埃的长度作为其长度，计算长度相同的尘埃的个数，用以表示尘埃度称为长度法。

尘埃度可用标准图片加以比较，看看试样的尘埃度属于哪一个范围，这实际上是以尘埃的面积来计算的，这种方法叫面积法。为了便于观察，可制作一带有光源的标准尘埃度测定台，试样上的尘埃在试样上很明显地显示出来，尘埃度测定台可以转动，使试样四周都可检查到。检查小尘埃时，用面积为 $\frac{1}{16}$ m^2 的试样就行了。检查大试样时，用面积为 5 m^2 的试样进行，这样的代表性大些。两面都可见到的尘埃以两个计算，只使用一面的纸张（如招贴纸、地图纸等），就只检查一面的尘埃。测试结果以每平方米内尘埃在某个长度范围内的个数来表示，如一号新闻纸的尘埃度标准为：0.5～4.0mm^2 的每平方米不多于 150 个，其中1.5～4.0mm^2的每平方米不多于 20 个。大于4.0mm^2的不应有。一般切取 4 张试样来测定，然后用下式计算：

$$\text{尘埃度} = \frac{M}{n} \times 16 = \frac{M}{S},$$

式中：M——全部试样正、反面尘埃总数，个；

n——面积为$\frac{1}{16}m^2$的试样的张数；

S——试样面积。

我国国家标准采用的是面积法，具体细节请参见国家标准“GB1541-79 纸与纸板尘埃度的测定法（面积法）”中的有关条目。

11.两面性的测量：纸张有正、反两面，正面为毛布面，反面是与抄纸机铜网接触的那一面，也称网面。纸张质量越差的，正面与反面区别也明显，纸张质量越高，就越难辨别。鉴别的方法很多：

①直接用眼睛观察纸张两面的表面形状或结构，能观察到抄纸机网印的一面为网面（反面），眼睛看不清的可借助放大镜。

②将碳素纸压在纸面上，然后在纸上做一个记号，使碳素纸的痕迹压在纸上，可画出宽约13mm，长约51～76mm的一条黑色痕迹，用方法①鉴别正面与反面，观察时可放于平滑的表面上（如平板玻璃）。

③对不易分辨的超级压光纸，用水或稀氢氧化钠溶液浸渍纸张表面数秒。用吸水纸除去多余液体，放置几分钟后，这时纸张纤维松弛，可恢复到纸张原先的结构，此时观察两面，如有网印的为反面。

④将纸张折叠，使两面处在一个平面上，用硬币在两面上各画一痕迹，因网面的填料少，画出的痕迹不易显出，因此，如果画出的痕迹有一面比较浅的话，可认为该面为反面。此法用于鉴别含二氧化钛填料的纸张效果比较好。此法也适于鉴别单面涂料纸的涂布面。

⑤将纸条置于烘箱内烘干，观察其卷曲方向，向里卷曲的一面通常为网面。

12.吸收性的测量：纸和纸板的吸收性可以用三种性质来描述：①毛细管吸收速度；②表面吸收速度；③吸收重量。因此纸张吸收性也可从这三者来测量。

①毛细管吸收速度是指水、有机溶液或其它液体沿着与液面垂直的纸页上升的速度，因此测定的结果也就是用一定时间里液体上升的高度（mm）或以液体上升一定高度所需的时间来表示。

测试的仪器可以用克列姆吸收性试验器进行，仪器的结构如图5-56所示，将试样垂直插入温度为20±2℃液体中，浸入液中的试样长度为5mm，然后用秒表进行测定。测试用的溶液应根据纸和纸板质量标准中的规定进行。

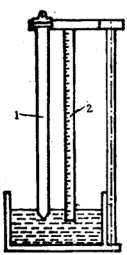


图5-56 克列姆式吸收性试验仪
1-试样 2-标尺

另一种测试仪器是捷里耶金毛细管计（图5-57），这种仪器的特点是可以在普通压力或外加压力的情况下测定渗透的速度，在检验吸收能力很大的纸张时还有延缓毛细管渗透作用的产生压力的设备，在试验吸收能力低的纸张时，有增大毛细管渗透作用的抽真空设备。

将试样（直径为95mm的圆片）若干张置于测试头1中，测试头由两个磨光的

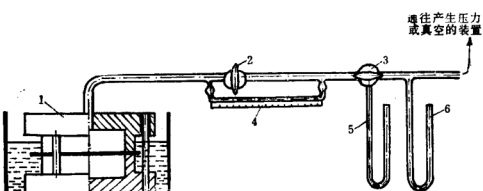


图5-57 捷里耶金毛细管纸张吸收度测量仪
1-测试头 2、3-开关 4-毛细管指示器 5-油压计 6-水银压力计 7-试样

青铜的圆盘状的盖子组成，由销子定位，保证两个盖子对齐，在盖上放置 6 kg 重物，浸入试验用的溶液中（凡士林油），溶液的高度超过两个盖子之分界线 2 ～ 3 mm，使压在测试头中的试样的纸边完全被溶液淹没。此时，溶液由于毛细管作用，渗入纸张，渗入的体积即为从纸张毛细管气孔中排出的空气体积，这些空气使毛细管指示器 4 的游标向右移动，当游标移动时，启动秒表，开始每隔 5 ～10s 记录一次游标的位置，以后每隔 20～30s 记录一次。游标的行程到一定值（如 200mm）时，试验即告结束。将所得的结果（如三次试验的平均值）绘成图，横轴表示时间，纵轴表示游标值移动距离的平方，用线的斜率表示纸张的吸收性（斜率越大，纸的吸收性越大）或用游标移动一定路程（如 200mm）所需的时间来表示。

图中毛细管指示器可通至产生压力的装置，用以测试吸收性特别大的纸张；也可通至产生负压的装置，用以测量吸收性特别小的纸张。

这种测试方法的灵敏度较高，不因试验者的主观判断而影响测试结果。该方法也不会因纸面特征或纸的厚度而影响到测试结果。此法不仅可测试毛细管吸收速度，也能测定表面吸收速度。

②表面吸收速度的测定。表面吸收速度指纸张表面吸收一滴水、有机溶剂或其它溶液的时间，单位为 s。试验的方法可用高兹纳克试验仪进行（图5-58）。试样与水平面所夹的角度可为30°，滴定管的滴定速度为20℃时蒸馏水每 20 滴为 1 ml，滴定管与试样相距 50mm。所滴定的溶液根据测试目的及试样种类的不同而不同，如测定的为新闻纸、凸版纸等印刷用纸时可采用二甲苯沥青溶液，这种溶

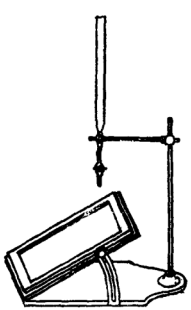


图5-58　高兹纳克式吸收性定测仪

液是用 0.5g 沥青溶于 100 ml 二甲苯〔$C_6H_4(CH_3)_2$〕内而成的液体。这种溶液测出的纸张表面吸收速度称为二甲苯吸收性。

测定时，用秒表记下从一滴液体滴到纸上到其被试样吸收完，即至无光泽时为止所需时间，该时间即为试样表面的吸收速度。

这种试验方法被我国国家标准所采用，具体细节参见国家标准“GB461-79纸与纸板吸收性的测定方法”中的有关条目。

该方法因人的主观判断而影响其精度，纸张表面情况不同也使得出的值大不相同，用这种方法测定吸收性很大的纸张（如胶版印刷纸）时因为滴下的二甲苯沥青溶液几乎是一下子就干了而使测定变得困难。

测量纸张表面吸收性的另一方法的原理是把一个厚油层铺开在被测纸张的表面上，在一定时间后估计纸张已经吸附的油量。试验时在样张表面涂上一厚层油墨，在两分钟之后再把它擦掉，由于这种油墨中的着色剂是染料而不是普通油墨中的颜料，所以留在纸张上的痕迹的密度就是要测的吸油量。测量时可以通过视觉观察，也可以与标准样张比较，或进行反射测量以获得对吸油量的评价。由于纸张表面的吸油性在局部地区有变化，用这种方法纸张表面会产生色斑，即表面有暗和亮的斑点，影响测试的结果。但由于这种测试方法速度快，操作简便，所以可以用于日常的质量控制检验中，

另一种表面吸收性测试仪由三部分组成：微滴定管、一个黄铜辊、一个表面覆盖平印橡皮布的1:20的斜面（图5-59）。将一

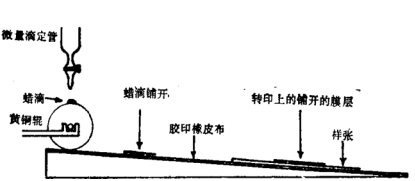


图5-59 PIRA 纸张表面吸油性测试法

滴已知重量的油墨滴在黄铜辊上，然后让黄铜辊自动沿斜坡下滑。在黄铜辊转第一转时辊子上的油墨压印在橡皮布上，黄铜辊与橡皮布接触并将油墨扩散并分离一次；当黄铜辊转第二转时，黄铜辊上的很薄的墨层会转印到样张表面，当油墨一接触到纸张时开始按动秒表。当75%的墨层被纸张表面吸收时停止计时。把纸张表面放于低角度的照明条件下观察时，可以看到油墨层的光泽会慢慢消失，但油墨层表面的光泽完全消失往往要耽搁很长时间，尤其是那些小面积内的抗吸收作用使表面吸收的速度不一致，因此在比较时选用75%吸收情况来代替100%吸收更适宜一些。这种试验方法虽然简单、直观，但在纸张表面吸油性参差不齐的情况下，所得结果只能对吸油性做大概地估计。这个实验对温度变化比较敏感，所以必须在20℃以下的气温下进行。这种测试方法对油墨的吸收性的评价也是完全凭主观进行的，虽然可以用光泽度表来测量75%的程度，以减少需判断的因素，但还是有较强的主观因素贯穿试验的始末。另外该试验的再现性也很差。但这种方法对纸张吸收性还是能给予一定的评价的。如该时间少于10s就会发生油墨粉化现象，该时间大于150s就要避免油墨不干而发生转印的问题。

在平滑度测量中谈到的拉动一个盛油的带小孔的容器以变化的速度在样张上移动的方法也可用来测量纸张的吸收性。

在表面强度测量和印刷适性测定中谈到的IGT印刷适性测试仪也可用来测试纸张表面吸收速度，它的施墨速度与印刷机上的实际施墨速度很相似。将一滴染色油滴到金属圆盘上，再挤压到试样上，试纸是夹在扇形印刷辊上的。印迹的长度是与纸张吸油特性成反比的。

另一种测试是将荧光染料混合物（1份荧光染料掺入100份冰糖）的粉末倒入用试样折成的小纸船漂浮于一个水槽中，在紫外线灯光下观察，测量从纸船下水到水完全渗透纸张，并且水中突然由暗淡的颗粒斑点出现明亮的荧光光点为止的时间。

③吸收重量的测定方法。吸收重量是指纸在水或其它溶液中

浸没一定时间所增加的重量，以重量增加的百分率来表示。测试所用的液体、液体的温度、浸渍时间因纸或纸板的种类不同而不同，浸渍到了规定的时间后，将试样从溶液中取出，夹在两层吸水纸（如工业滤纸）之间以除去试样表面多余的溶液，判断方法是纸张表面因含有液体而显现的光泽消失为止，然后进行称量，称量的结果代入下式进行计算：

$$E = \frac{g_2 - g_1}{g_1} \times 100\%,$$

式中：E——吸收重量，%；

g_1——试样浸渍前的重量，单位为g；

g_2——试样浸渍后的重量，单位为g。

具体测试方法可查阅国家标准“GB461-79 纸与纸张吸收性的测定法”。

科布(cobb)试验法就是吸收重量法测量纸张吸水性的方法，它测量的也是一定时间内纸张表面吸收水分的重量。测试时，把一个筒形金属环牢牢地卡在置于金属底板上覆盖的橡皮垫上的一小张经过测重的试样上（图5-60），把蒸馏水倒进金属环形成的圆桶中，使纸张表面淹没一层10mm深的水。在适当的时间（例如60s之后）把水倒出来，迅速取出纸张，用吸水纸擦去表面残余的水分，重新称量纸张的重量。

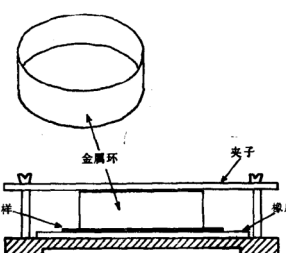


图5-60 科布试验法

用下式计算纸张表面的吸水能力：

$$E = \frac{g_2 - g_1}{S} \times 10000,$$

式中：E——纸张表面吸收能力，g/m²；

g_1——浸渍前试样重量，g；

g_2——浸渍后试样的重量，g；

S——圆形测试区的面积，cm²。

科布测试法测试简单，不仅可用于测量表面吸收性，还可以用来测量其它有关性质，如水完全渗透纸张或纸板所需要的时间；对施胶度的估计；包装纸性能的检查等。

13.水分的测量：纸张由本身的结构与空气中所含的水分等因素所决定，含水量是不同的。纸张水分含量的测定原理也就是测量纸张在干燥前后的重量，这重量之差就是纸张水分的含量。纸张含水量可以用这重量之差占样张原来重量的百分比数来描述。

称量纸样的工作是简单的工作，但也是需要认真取样和精密操作的工作。称量样张的天平应是实验室用的精密天平，感量应为0.001g。称量时最好在密封的容器中进行，在干燥之后和称量之前，样张必须在一个有干燥空气的密闭容器中冷却。同一试样的称量和烘干一般要进行多次，直至试样的重量不再变化时为止。测量后的数值用下式计算出其水分含量来：

$$x = \frac{g_2 - g_1}{g_2} \times 100\%,$$

式中：x——纸张的水分，%；

g_2——干燥前试样的重量，单位为g；

g_1——干燥后试样的重量，单位为g。

我国国家标准采用的就是这种称量法，具体细节可参见国家标准“GB462-79 纸与纸板水分的测定法”。

这种测试方法的主要缺点是测试的时间比较长，一般要用几个小时。如果不需要非常精确的数值，还可有很多种快速测定的方法，其中之一就是不必反复进行干燥称量，而只需在干燥前后在天平上称重即可。另一方法是采用红外线快速水分测定器进行测定。

红外线快速水分测定器（图5-61）主要由装在密封容器中的天平托盘和装在托盘上方的红外线灯管组成，红外线灯管干燥样张，样张中水分蒸发时，样张重量减轻，托盘上升，连接在托盘上的指针就在刻度表上移动，指出水分的含量，刻度盘上的刻度是根据试样重量减少量与指针移动量的关系预先绘出的。

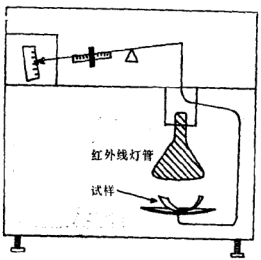


图5-61 红外线快速水分测定器

其它的测试仪器还有接触式测试仪等。接触式测试仪是根据各种纸在不同含水量时具有不同电阻率的原理制成的，因此只需用测试头测出纸张各点的电阻值，再把这个量通过指针在已换算好的表盘上直接读出。这种测试方法可以快速简便地得到纸张表面各个点的含水量。

14.伸缩性的测量：纸张伸缩性是指纸张浸于一定温度水（或药液）中或浸水并风干后尺寸的相对变化，以尺寸的增量对原试样尺寸的百分率来表示。因此纸张伸缩性的测试方法也有两种：一是纸张浸水后的伸缩性，一是纸张浸水并干燥后的伸缩率。纸张伸缩性还可用纸或纸板在不同湿度环境中的伸缩率表示。

纸张浸水时伸缩率的测试采用游标卡尺或其它工具测量纸张浸水前后纵向、横向长度与干燥后的纵向、横向长度，然后计算其长度变化率。测试时，先在纸样上量好尺寸，做上标记，按规定将试样在20℃的水中浸泡一段时间，浸湿时间的长短是根据纸张施胶度来规定的，施胶度越大的纸张，其浸渍的时间也就越长，一般为0.5～2小时，目的是使试样充分润胀，将试样取出置于玻璃板上，用吸水纸除去纸上多余的水，用游标卡尺或直尺重新测量纸样浸泡前做好的标记之间的长度（精确到0.5mm），

用下式计算：

$$S_1 = \frac{L_1 - L}{L} \times 100\%,$$

式中：S_1——浸水伸缩率（纵向或横向），%；

L_1——浸水后纵向或横向两标志间的距离，mm；

L——浸水前纵向或横向两标志间的距离，mm。

计算的结果，以“+”号表示尺寸增大，以“-”号表示尺寸减小。

如果还要测量干燥后的伸缩率，可将浸水后的试样平铺在滤纸（或其它未施胶的纸）上，在空气中干燥至长度不再发生变化为止，其时间一般不少于6小时，再用游标卡尺或直尺测量两标记间的距离，用下式计算：

$$S_2 = \frac{L_2 - L}{L} \times 100\%,$$

式中：S_2——浸水并风干后的变形（纵向或横向），%；

L_2——浸水并风干后纵向或横向两标志之间的距离，mm。

L——浸水前纵向或横向两标志之间的距离，毫米。

按上述办法做两次，计算两次结果的平均值，精确至0.1%。用“+”号表示伸长，用“-”号表示收缩。

我国国家标准采用上述方法来描述纸张的伸缩率，具体测试方法请参见国家标准“GB459-79 纸伸缩性的测定法”中有关条目。

纸张在不同湿度条件下的伸缩率的测定是将先经过规定处理条件处理之后的试样置于相对湿度为33%的装置中，在无负荷的情况下达到平衡，再加以一定负荷测量其长度，然后试样在无负荷的情况下在湿度为75%的装置中平衡，再加上一定负荷测量此时试样的长度，用下式计算伸缩率：

$$S_3 = \frac{L_3 - L_4}{L} \times 100\%,$$

式中：S_3——试样在不同湿度条件下的伸缩率，%；

L_3——试样在相对湿度为75%时的长度，mm；

L_4——试样在相对湿度为33%时的长度，mm；

L——试样在恒温恒湿条件处理后的长度，mm。

试验时，试样长度至少长225mm，宽1.5±0.1mm，试样纵横向各5条，试验时湿度条件误差值为2%，温度为20±1℃或23±1℃，空气流通速度50l/min，测量长度的工具要求精确到0.01mm。

试验时所选择的负荷根据试样的定量不同而不同，选择的方法如表5-29所示：

表5-29　　纸张伸缩率试验所选择的负荷

纸张定量(g/m^2)	<125	125—200	200—275	>275
负　荷　(gf)	25	45	80	120

试验用的仪器的原理图如图5-62所示，仪器的上夹子是与滑轮和指针连接的，下夹子是固定的，纸张长度的任何一点变化都会经过放大通过指针在刻度盘上反映出来。为了达到规定的湿度，这套装置可罩于玻璃容器之中，然后往玻璃罩中通入规定相对湿度的空气。

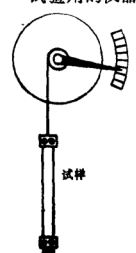


图5-62　测定纸张伸缩率的简单仪器

这些测量方法并不太繁琐，但是印刷工人并不太想知道纸张伸缩率的精确数值，一般如能知道要印刷的纸张与车间的湿度条件是否平衡也就足够了。有一种简单的纸张测试仪可以进行检查，这就是PET纸张平衡测试仪（图5-63）。这一仪器为一剑形的硬铝板，上有两根针A和B，间距为50.8mm（20英寸），还有两个玻璃刻度板C和D，间距也是50.8mm。这个剑形板在使用时刺透包装纸刺进一令或一堆纸垛中，压下剑形板末端的手柄就可抬

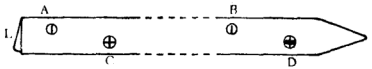


图5-63 PET纸张平衡测试仪

起A、B两点的钢针，这样试验仪就在纸上做出两个可供参考的记号。A、B两点的钢针原先是插在着墨毛毡之中，这样，钢针在纸上作出的记号就很容易观察到，从纸堆中取出这张作有记号的纸张，悬挂在车间里，15分钟后就能与周围的大气湿度平衡。然后把纸张铺在一个平面上，通过剑形板的两个玻璃刻度板C和D上的刻度来观察纸上的这两个记号，看这两个记号A、B之间的距离有什么改变。根据测试的经验，可以制定出各种印件的套准精度对纸张伸缩率的要求和限制。如果测量时超过了这些限制，在印刷之前就必须对纸张进行晾纸。一般情况下，伸缩率大于0.5%的纸张在没有包装的情况下在车间里放置就会产生荷叶边的情况。

15.pH值的测量：纸张的pH值是指纸张的相对酸碱性，由于pH值指的是溶液的特性，严格地说，纸张是不具有pH值的，但这里我们谈到纸张的pH值指的是经浸泡过纸张的水溶液的pH值，因此试验也就归咎于水样的采取和数据的测定这两个问题上了。

纸张浸泡水溶液的采取一般是将被测试的纸和预加热的蒸馏水一起加入到一个烧瓶中（每2±0.01g试样加入100ml水）混合，如试样难于润湿，可先加入20ml蒸馏水，用玻璃棒揉压纸张使其全部润湿后再把剩余的水加入。将烧瓶进行沸水浴，在瓶内温度为95～100℃的条件下保持一小时。此间，烧瓶与空气冷凝器相连，以使烧瓶中的水溶液体积维持不变。这以后，迅速冷却溶液，用pH计测量溶液的pH值，或使用指示剂或滴定等方法测定其pH值。

用pH计测定时，溶液作为初级电池的一部分，电池产生的

电压取决于电池中电解液的性质，同样，溶液中氢离子浓度的大小也使其产生的电压产生变化，以此来测量 pH 值的大小。这种方法测量 pH 值很准确，但仪器本身价格昂贵，而且为了得出一致的结果，需要有一套检查方法，操作也需细致。

指示剂是一种简单的染料，当溶解它的溶液中 pH 值改变时，指示剂也随之改变自己的颜色。指示剂测酸碱度的方法操作简便，不需要昂贵的仪器，对许多种类的测试都能获得足够准确的结果。pH 值试纸的测试方法就是指示剂测试方法之一。其它的还有用比色液或比色片进行比较的指示剂测定方法。

滴定的方法可以这样进行：取 5 g试样用上述方法制取250ml水溶液，用吸管吸取 100ml 溶液煮沸。加数滴酚酞溶液，如溶液无色，则以0.01N的氢氧化钠标准溶液滴定至溶液呈浅红色不再退色为止。根据所耗用的氢氧化钠溶液量，用下式计算纸张的酸度（以含硫酸的百分数计）：

$$\text{酸度}\%\ (\text{以}H_2SO_4\text{计}) = \frac{(T_1 - t)N_1 \times 0.049 \times 250}{G(100 - W)} \times 100\%,$$

式中：T_1——中和所耗用的 0.01NNaOH 数，ml；

t——空白试验中和的 0.01NNaOH 数，ml；

N_1——NaOH 的当量浓度；

G——风干试样重，g；

W——试样水分，%。

如果加入酚酞试剂，溶液呈红色，则用0.01N的 H_2SO_4标准溶液至红色退尽，再用 0.01NNaOH 溶液进行反滴定。根据所耗用滴定液量，用下式计算（以含氢氧化钠百分数表示）：

$$\text{碱度}\%(\text{以NaOH计}) = \frac{(T_2N_2 - tN_1) \times 0.04 \times 250}{G(100 - W)} \times 100\%,$$

式中：T_2——中和时耗用的0.01NH_2SO_4数，ml；

N_2——H_2SO_4 的当量浓度；

t、N_1、G、W同上式。

16.印刷适性试验：前面所讲的各种测试是对纸张某一单独

的性质作出的评价，但纸张的印刷适性却是各种单项性质的总和，虽然各单项测试对印刷适性也是有帮助的，但是这些结论也都有其局限性，对纸张的印刷适性作出评价大概只有实际印刷是最合理和最正确的了。要掌握纸张的印刷适性，最好是常常进行观察，有时可以将新到厂的纸或纸板样张插入到现在正进行的具有同样的或类似的印件的正常的生产操作中去印刷，可以获得这一批纸的印刷适性的一个概况。不过，在生产机器上走试纸并不实际，但可以采用其它一些方法来印刷样张，例如在小型试验机上，或在打样机上进行。这里要强调的是，只有在印刷条件和估计印刷质量的方法已标准化的情况下，这种印刷适性的试验才是有价值的。可是，要想在生产上用的某台印刷机上建立起可模拟的印刷条件是很难的。印刷适性仪的出现，把印刷带进了实验室，这些仪器使得在标准印刷条件下进行纸张的印刷适性试验成为可能。

印刷适性测试仪是荷兰印刷技术研究所（IGT）发展起来的，IGT 印刷适性仪的构造和测试方法已在谈到表面强度测试以及其它一些性质的测试中谈到，这里就不再重复。

第六章　印刷油墨

印刷油墨的功能是在纸张或其它印刷材料上形成耐久的有色图象。印刷油墨主要由有色物质（颜料或染料）和连结料组成，其中有色物质起显色的作用，靠与承印物的颜色不同形成对比，这样就在承印物上显出图象来；连结料在油墨中起分散有色物质的作用，负责把颜料转移到纸张上，使颜料与纸张表面粘着，并在印刷品的使用期间内起保护图象的作用。

油墨中除有色物质和连结料之外，还有一些辅助剂，用以改善印刷适性，促进油墨干燥以及改善印刷效果之用。

在几种主要的印刷过程中，印刷油墨都是以液体形式加以使用的，在转印到印刷品表面之后，就须尽快地转变成固体。这种颜料传递过程已经被公认为产生一个耐久的墨层以供长期使用的好方法，但我们总认为传递油墨的最好方法应该是以粉末的形式来进行的，近代发展起来的静电印刷工艺就是采用了这样的油墨传递方法。采用粉状油墨印刷，再经快速加热和冷却，油墨就以干燥的坚硬膜层的形式融合在纸张的表面之上。

无论印刷油墨是以液体还是以粉末状的形式出现，它最终的干燥墨层必须具有一定的硬度、粘附性和柔韧性，这样印品在使用期间可以经受各种各样的触摸和摩擦。油墨的这些特性是依靠油墨中颜料颗粒周围的树脂聚合材料所起的作用来保证的。由此可以推断所有油墨的连结料中都含有高分子树脂或是压印之后能生成出类似于这些树脂的特性的物质。但也有例外的，例如新闻印刷品并不要求油墨有很好的耐久性，因此印报用的油墨中的连结料就往往只含有很少量的树脂，因此报纸上的油墨就不那么耐摩擦，用手揭翻报纸，手上往往要蹭上一些油墨，就是这个原因。

第一节　颜料和染料

在印刷油墨中使用的有色物质通常都是颜料，也有一些是染料。颜料和染料都是颗粒极细的有色物质，颜料一般不溶于连结料，在溶剂中大部分呈悬浮状态，而染料在连结料中是可溶的，颜料仅能使物体表面染色，染料却能使物体全部染色，因此颜料和染料是有区别的，其应用范围也不同，染料只应用于一些特殊的场合，如用于柔性版油墨或用于校正印报用黑墨的色相。

颜料有数千种，但具有印刷油墨所需的特性的颜料却廖廖无几。用于印刷油墨的颜料中，必须具有很高的着色力、耐光力和化学稳定性，有较细的颗粒，在一般的油墨连结料中有较好的分散能力，加入墨中能保持油墨具有很好的流动性，在一些特殊的油墨中，有色物质还需要具备一些特殊的性质，以满足印刷过程、后续过程和最终印品在使用期限内的特殊要求。

要选择合适的油墨用颜料，就必须对这些颜料的特性有比较详细的了解。颜料的各种特性都能在有关的手册中查出，但我们应该知道颜料的一些指标，以及这些指标对印刷油墨的影响。颜料的一些有关指标有：

①颜料的化学结构、颜色指标（包括色标等级）。

②颜料按最大饱和度（最纯）印刷的色样，以及用氧化铝和二氧化钛降低饱和度后印刷的色样。

③颜料的色彩测量数据：按国际照明委员会（CIE）规定进行测试的分光曲线。

④颜料的物理性质：比重、视比容（dm^3/kg）、吸油量（每1000g颜料吸油量克数）、2%水溶液的pH值、耐溶剂、耐增塑剂和耐油的能力（不褪色性，所测溶剂、增塑剂和油为水、乙醚、二甲苯、亚麻仁油等）。

⑤颜料的应用特性：标准流动性所具有的浓度、着色力、色散性、遮盖力。

⑥印刷品的牢度：耐各种各样的加热或消毒，即耐温性、耐光性、耐试剂（如水、酸、碱、洗涤剂、肥皂、各式调墨油、石蜡、油脂、奶酪等）性。

颜料的这些性质对印刷油墨的色调有直接影响。而且由颜料产生的色调还取决于墨层的厚度、使用的填充料的种类和特性、使用的连结料的种类，以及纸张的特性等许多因素，采用任何精确的量度来定义色调是很困难的。印刷时一般采用最大的色饱和度来印刷，当然也有降低色强来印刷的，这就是颜料中掺入部分白色颜料或填充料，如5份氧化铝与1份颜料混合。颜料色彩的饱和度可以按国际照明委员会（CIE）的数据分析方法进行，也可采用色彩测量仪获得分光曲线。

颜料的轻重的变化范围很大，这在物理学中是以比重来计量的。但在油墨制造业中，是以视比容来表示的，视比容指每公斤重的颜料占有多少立方分米的体积。颜料比重越小，单位重量所占有的体积就越大，在连结料中调和就不易沉淀。一般说来，有机颜料的视比容较无机颜料的视比容大。另外，也有用视比重来计算的，视比重指每立方分米体积的颜料的重量。视比重是视比容的倒数。视比容小的颜料，视比重就大。

吸油量是指一定量的某种颜料所能吸收的油量，以让100 g颜料紧密地粘在一起所需的亚麻仁油的克数来计算。能够分散到连结料以产生一种浆状体的最大颜料数值都认为是可变的，与一定的标准流动性的油墨的百分比浓度进行比较，这是比较颜料的吸油量的方法，对于一些有高吸油量的颜料则这个百分比浓度较低。吸油量的高低也与颜料的分散度有关（颜料的分散度指颜料的颗粒大小），颗粒细就势必增加了油要润湿的颗粒表面面积，颜料对油的吸附能就增强，这会使颜料的吸油量有所提高。但颜料的分散度增高，颗粒之间的自由空间减小，因此有些颜料由于分散度的提高（颗粒变小）而使吸油量降低。颜料的吸油量还与颜料的含水量有关，含水量高的，吸油量便减少。吸油量还随酸度提高而提高。

印刷油墨的性质与吸油量有关，吸油量小的颜料制成的油墨所含的颜料就多，这种油墨的遮盖力就大，但油墨的稳定性较差，在印刷时容易堆版，也容易被乳化。吸油量大的颜料制成的油墨的性能较稳定，但吸油量过大也不好。

颜料的遮盖力指颜料能遮盖承受颜料的底层，而底层的本色又不透过颜料的能力。当颜料的折光率与连结料的折光率相近时，则颜料膜层就显得透明；颜料折光率大的，其膜层就显得不透明，这样的颜料就有遮盖力。也就是说，遮盖力取决于颜料折光率与连结料折光率之差。颜料的遮盖力也随着连结料干燥结膜的折光率改变而改变。油墨在印刷时吸收了水分，干燥时油墨表面结膜，油墨中的水分蒸发就在膜层内产生许多充满空气的气泡，空气的折射率1比连结料的折光率要小得多，这样使颜料和连结料的折光率之差增大，所以固结了的油墨膜层的遮盖力要增大一些。

遮盖力还与颜料吸收入射光的数量有关。黑颜料的吸收光量很高，因此黑墨的遮盖能力很高。遮盖力还取决于颜料的分散度，颜料颗粒越小，遮盖力越高，但当颜料颗粒等于光波波长的一半时，光线将穿透颜料颗粒而不产生折射，此时颜料颗粒反倒是透明的了。

遮盖力以（用连结料调成色浆的）颜料涂布于1 m^2 的面积上达到某一密度所消耗的克数表示。

颜料的分散度指颜料颗粒的大小，颗粒越小的，分散度越高。颜料颗粒的大小不应超过油墨层的厚度，否则会影响印刷品的光泽。颜料分散度的提高在其它条件相同时往往会使颜色变得鲜艳，并提高颜色的明度。颜料分散度的提高，也会提高颜料的遮盖力和着色力。

颜料着色力指一种颜料与其它颜料混合后对混合颜料的颜色所起的影响能力。颜料与白色物质调合后易变淡的，着色力就弱。颜料着色力与颜料的制造方法有关，颜料分散度越大着色力也就越强，颜料着色力随分散度增加而增加不会象遮盖力那样有

个限度，但着色力上升的速率会减慢。

用着色力高的颜料配制相同的油墨所需的数量较少，但着色力高的颜料往往较贵。有机颜料的着色力比无机颜料要高。

颜料的耐光性是指颜料在光的照射下保持原来颜色的能力。有些颜料在光的照射下颜色会发生变化，大多数无机颜料在日光的长期照射下会变得暗黑，而大多数有机颜料和色淀颜料则相反，随着日照的时间增加，颜色的饱和度下降，长时间的日晒会使颜料最后变成灰色或近似白色，称为褪色。这种过程主要由紫光或紫外线照射的缘故。

油墨生产者对颜料的这些特性特别关心，这些特性在选择特殊印刷工艺所用的颜料时有特殊的价值，如有些与平印故障、耐水、耐热有关；有些与后续工艺有关，如耐热、耐石蜡和光泽度；以及与印品功能有关的特性，如耐热、耐光和耐高温消毒的性能。当然，颜料的价格也是大家所瞩目的因素。

印刷用颜料可分为三大类：炭黑、无机颜料和有机颜料。

一、炭　黑

炭黑颜料的成分主要是元素碳，炭黑的碳晶格中还含有少量的氢、氧等元素，这些元素的含量虽少，但对炭黑颜料的性质影响很大。元素碳是动植物的主要成分，含碳的物质在空气中燃烧就可获得黑色的烟灰。炭黑就是碳氢化合物不完全燃烧或裂化分解而得的碳素微粒。制作时，如果精确地控制参加燃烧时的空气量，就可以获得非常细的炭黑沉积物，这样获得的炭黑就是用于印刷油墨、橡胶工业以及其它行业的重要炭黑颜料。

改变反应条件，可以获得许多不同种类的炭黑。炭黑的等级是由它们的化学纯度（氧含量）、表面特性、颗粒度、pH值及挥发性物质的含量等因素决定的。炭黑含氧量高的会加大炭黑的吸水性，易于吸潮，但制成的油墨流动性高。炭黑的pH值的变动范围很大，可从2.5～11不等，一般来说用槽法制得的炭黑具有酸性，用炉法或热解法制取的炭黑为碱性。含挥发性物质高

的炭黑制出的油墨流动性好。

在印刷油墨中，几乎所有的黑墨都采用炭黑作有色物质。炭黑的价格低廉，并具有一系列显而易见的特性，其中包括很高的着色力和遮盖力，约在3～6g/m²；很高的耐光、耐热、耐潮湿性和化学稳定性等。炭黑的颗粒比其它颜料的颗粒都要小得多，有些炭黑的颗粒的尺寸可小到10nm，而一些炉黑和灯黑的颗粒的尺寸大小则达到200nm。碳黑尺寸系列如表6-1所示。

表6-1　　炭黑的颗粒尺寸

炭黑类型	颗粒尺寸（nm）	用途
高级槽黑	10	高级油墨
中级槽黑	15～20	油墨
低级槽黑	25	新闻油墨
细粒炉黑	30～35	印刷油墨
灯黑	90～100	
热解法炭黑	270	

炭黑的颗粒越小，它的总表面积越大，需要更多的连结料去润湿它。炭黑的吸油量有的高达180%，这么大的吸油量说明炭黑吸附能力强，因此炭黑与亚麻仁油制成的油墨干燥十分缓慢，一般要在油墨中加干燥剂，以促使油墨加速干燥。这里要注意的是，炭黑颜料会从凸印和平印黑墨中吸收金属脂肪酸盐干燥剂，由于这一原因，在炭黑油墨中干燥剂的浓度必须高于一般的油墨。

炭黑的色相并不象人们所期望的那么黑，而总是有些色偏，如槽法碳黑的颜色略带棕色，因此，制作油墨时应相应加入一定量的蓝色染料或颜料，以使黑色纯正。而灯黑的颜色略带点蓝色，因此，制作时也应作相应的处理。

二、无机颜料

无机颜料指有色的无机物质组成的一大类颜料。有色无机物在自然界中成千上万，却只有很少的几种适用于作颜料。在印刷

油墨中用的无机颜料，包括所有的白色颜料和含量很少但很重要的作为补充剂的染色物质。这些无机物质现在只用于人造有机颜料或染料不适应的地方，而且占的比重很大。无机颜料大多是地球表面天然产生的一些染色物质，如高岭土、白垩、浓黄土、赭石和棕土等。然而，在印刷油墨中，人们在允许的情况下宁愿选择人工合成品而不会去选择粗糙的砂砾般的天然颜料，因为人工合成的颜料可以有效地对颗粒的尺寸和表面特性进行控制。

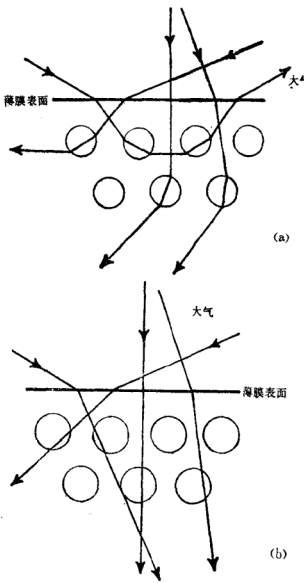


图6-1　光线散射和不透明度取决于颜料和连结料折射率不同
a-颜料和连结料折射率不同；
b-冲淡剂和连结料的折射率相差无几。

1.白色颜料：在油墨中采用的白色无机颜料有锌钡白、钛白（二氧化钛）和氧化锌；白色颜料作为油墨的冲淡剂的有氢氧化铝、碳酸钙等。白色颜料与冲淡剂的基本区别是：颜料有较高的不透光性并有遮盖墨层的能力，而冲淡剂在分散于油墨的连结料中后，相对比较透明。透明与否是由颜料或冲淡剂的相对折光率决定的。

光线经颜料颗粒会发生折射，颜料的折射率与分散这些颜料的墨层的折射率不同（图6-1）这两个折射率间的差别越大，光散射得越

厉害，不透光性和遮蔽墨层的能力也就越大。印刷油墨连结料的折射率大部分都在1.4～1.6之间，而钛白的折射率很高，可达2.72，所以钛白是一种非常不透明的白颜料。与此相反，氢氧化铝的折射系数为1.54，和油墨连结料的折射率相同，因此是透明的。其它各种白色颜料和冲淡剂的折射率都介于二者之间，其中，氧化锌的不透明性中等，其白色带有光泽；碳酸钙是一种用得较多的透明的冲淡剂。

颜料的结晶形式对它的性质也有很大的影响，其中包括对颜色色相的影响。例如，二氧化钛有三种结晶形式，印刷油墨中用的有金红石和锐钛矿两种，而金红石就比锐钛矿更不透明，颜色也稍微黄一些。

冲淡剂相对来说价格比较低廉，但油墨中加冲淡剂的目的不仅是为了降低油墨的成本，而是因为许多颜料的着色力太高，以至于必须降低它的饱和度之后才能使用。添加冲淡剂为油墨生产以及印刷操作提供了一个不把白色颜料或别的不透明颜料加入油墨中，又能降低着色力的方法。加入冲淡剂还可用来改变油墨的稠度和其它性能。

白色颜料用得最多的三种是锌钡白、钛白和氧化锌，现分别作一简要介绍：

①锌钡白：也称立德粉，分子式为$ZnS \cdot BaSO_4$，是硫酸锌及硫化钡溶液相互作用而生成的等分子化合物。颗粒的大小为2～3μm。折射率视硫化锌与硫酸钡的比例而定，硫化锌折射率为2.37，硫酸锌为1.64，锌钡白的折射率介于其间。标准锌钡白的折射率为2.0，吸油量为15～20%，视比重为4.136～4.34。耐碱，但遇酸分解。

锌钡白耐光性很差，见光后析出金属锌而变暗，因此一般不在印刷油墨中使用。

②钛白：学名为二氧化钛，分子式为TiO_2，是白颜料中最好的一种，价格也最贵。颗粒大小为0.1～0.7μm，折射率2.72，吸油量为45～48%，遮盖力极强，为45～75g/m²。钛白粉的分散

度大，着色力也大。耐光性很好，耐热、耐碱性也佳，不溶于稀酸。pH 值为 6.5～7.5，为中性物质，对油墨的干燥情况没有太大的影响。钛白粉的质地优良，在造纸工业中也有广泛用途（参见纸张一章）。

在制造油墨时，常加入硫酸钡以降低成本，并使钛白的极强的遮盖力降低一些。由于钛白与铁蓝或其它有机颜料合用时，会使混合的油墨在光的作用下褪色或变色，在胶版油墨中一般不采用钛白颜料。

③氧化锌：又称锌氧粉，锌白，分子式 ZnO。颗粒大小为 0.15～0.70μm，其中以尺寸为 0.4μm 的氧化锌遮盖力最好。比重为5.6，吸油量 18%，折射率在空气中为 1.90～2.01，在亚麻仁油中为0.40～0.50。遮盖力为100～110g/m²。着色力差，不溶于水及醇类，溶于碱，不耐酸。高温时呈黄色，冷后恢复白色。锌白略带碱性，制成的油墨可防止膜层变黄，防止变粘。但用酸价较高的桐油调制油墨，易皂化和胶化。

锌白较便宜，因此国内生产的胶版油墨多以锌白为主要颜料。但应注意，锌白与铬黄或有机颜料合用则所得混合油墨不耐光。

2.有色无机颜料：大量的简单无机氧化物和无机盐类都是有颜色的，但绝大部分的着色力都很差，稳定性也很不好，不能作为印刷油墨的颜料。在这一类无机盐中只有很少的几种可用于印刷油墨。这就是铬黄类颜料、铁蓝等颜料。

①铅铬黄颜料：铅铬黄颜料族里颜色从略带绿色的黄色到深桔黄色都有，其化学成分主要是铬酸铅（$PbCrO_4$），它是铬酸钠溶液和硝酸铅及醋酸纤维素相混合所产生的沉淀物。这一类颜料的色相靠铬酸铅与不同比例的其它铅盐（如硫酸铅）混合并调整反应条件来获得，混合晶体中铬酸铅的含量越高，颜色越深；氢氧化铅的量多则深，少则浅；而含钼酸铅的颜料的颜色主要取决于晶体的组成。如表6-2所示。

铅铬黄颜料不透明度极高，当需要油墨具有较大的遮盖力时，常采用铅铬黄颜料。这种颜料便宜，而且很容易分散到印刷

表6-2 铅铬黄颜料的色相与铬酸铅含量的关系

颜色	铬酸铅含量（%）	硫酸铅含量（%）	氢氧化铅含量(%)	钼酸铅含量（%）	分子式
柠檬黄	50～60	40～50			$PbCrO_4 \cdot PbSO_4$
浅铬黄	65～70	25～35			$2PbCrO_4 \cdot PbSO_4$
中铬黄	90～98	0～10			$PbCrO_4$
桔铬黄	50～60		40～50		$PbCrO_4 \cdot Pb(OH)_2$
钼铬黄	70～80	2～10		10～15	$12PbCrO_4 \cdot 2PbMoO_4 \cdot PbSO_4$
橙铬黄	70～80	5～8	15～20		$8PbCrO_4 \cdot 2Pb(OH)_2 \cdot PbSO_4$

油墨的连结料中去，化学稳定性也很好，对大多数化学药品都有较好的惰性。虽然铅铬黄颜料在空气中受硫化氢气体的影响容易变暗，但其光照不褪色性还是比较好的，铅铬黄的含铅量很高，其化学组成是由铅的几种化合物组成，因此铅铬黄颜料不用于制作在食物包装纸上印刷的油墨。和其它无机颜料一样，铅铬黄颜料的比重相对较高，用其制成的油墨常有沉淀现象。

钼铬黄是由铬酸铅、钼酸铅和硫酸铅按比例混合而成的，是不透明度非常高的颜料，这种颜料在多种油墨中都有应用。

②铁蓝：在蓝色无机颜料中，铁蓝（又称普鲁士蓝）是最重要的一类。从化学成分说，铁蓝是由亚铁氰化铁（$Fe_4[Fe(CN)_6]_3$）组成的。铁蓝颜料有许多品种，其名称、成分、颜色都有所不同，颜色主要有中蓝、铜光蓝、深蓝。如改变制造的条件，颜色还有带绿光的蓝，稍微发红的浅蓝等。铁蓝颜料主要由亚铁氰酸盐来制造，也有其它一些制造方法。

铁蓝颜料有很好的耐光性能，在阳光照射下几乎不发生变色现象，但与锌白类油墨混合后易产生明显地褪色现象。铁蓝颜料耐热、耐油、耐溶剂，不溶于弱酸，但能被碱液分解，即使是1～2%的稀碱液也能使铁蓝分解。铁蓝颜料容易轧制，颗粒大小一般为0.2～0.3μm。与油配制不会胶化，吸油量为25～35%，遮盖力为10～12 g/m²。

铁蓝分散在连结料中后对连结料有催干的性能，因此用铁蓝

颜料制出的油墨有干燥较快的特点。

在印刷油墨中，因其着色力有限，其它性能也较差，群青墨一般不用铁蓝颜料。

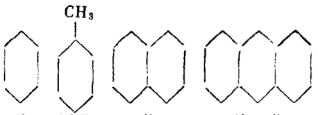
③赭石类颜料：天然的赭石和赭土是一类化学成份复杂的颜料，含有大量的氧化铁。颜色从黄色到偏红的棕色均有。和其它天然颜色一样，赭石颜料比较暗淡，因此，印刷油墨用的赭石颜料多为与这些氧化铁相似的人造化合物。天然赭石颜料颗粒粗糙，不容易轧制，但价格比较低廉，耐光性能也能维持一个时期，因此，这种颜料也有一定的应用。

总的说来，无机颜料大多是坚硬而致密的晶体组织，这些晶体不经特殊处理很难研磨成细微的颗粒，以助于颜料更好地分散到媒介物中去，这样，天然颜料制成的油墨印刷适性就较差。无机颜料耐光性大都比较好，在大多数场合下，耐化学药品腐蚀的性能也还可以，其最大优点看来还是价格低廉。随着近年来在晶体结构方面的研究和轧制工艺的不断改进，颜料的分散度不断提高，无机颜料在印刷油墨中仍占有一定的位置。

三、有机颜料和染料

有机颜料最早是从一些动物和植物中获得的有机染色物质，如靛青、茜素色、胭脂红，这些有机染料大都有数百年历史了，而人工合成的有机染色物质却是从1856年才开始出现的，至今已有数千种人工合成的染料和颜料。这些人工合成的有机染料和颜料在印染、塑料和表面涂布等许多领域中已得到了广泛的应用。

我们已经讲过，无机颜料在一般情况下都是结构简单的小分子化学物质，如铬黄（$PbCrO_4$）、钛白（TiO_2）等。相比之下，有机颜料的分子结构相对来说就要复杂得多、庞大得多。这么庞大的分子一般都是由苯、甲苯、萘、并三苯等一类芳香烃通过改变键连接的方式联接在一起而形成的，以化学结构来划分这些有机染料的类别已经超出了本书要叙述的内容，但为了对如何进行分类有所了解，这里仅举一些例子进行说明。



苯　甲苯　萘　并三苯

有机颜料的分类可以分成色源性与色淀性两大类，色源性颜料有偶氮颜料、酞菁颜料、硝基颜料、亚硝基颜料、还原颜料等几小类；色淀性颜料有普通色淀、耐晒色淀和茜素色淀等几类。

有机颜料与有机染料主要区别也是溶不溶于水，以及在连结料中是否呈悬浮状态。但有机染料中也有一部分可以经过一定的处理而制成难溶或不溶的状态，作为颜料使用。目前实际应用的有机染料有不溶性的单偶氮染料、酞菁染料，以及一些还原染料、硝基染料和亚硝基染料；可溶性的经色淀处理的单偶氮和双偶氮酸性染料、盐基染料及蒽醌酸性染料等。

有机颜料的成色是由化学结构决定的，只有具备一定的原子团才可能有颜色，这些发色的原子团有：—CH═CH—，>C═O，—N═O，—N$\begin{matrix}O\\ \diagup\\ \diagdown\\ O\end{matrix}$，—N═N—，>C═N—，>C═S等。含有发色团的化合物（又称色原体）还需有助色团才能提高颜色的饱和度，助色团指能帮含发色团的色原体呈现颜色的原子团，如—OH，—NH_2，—NHR，—NR_2，—SH，—OR等。说明有机染料成色原因的理论还有醌构学及配位不饱和学说以及近代的π电子系发色理论。

有机颜料的品种有上千种，能够在印刷油墨中应用的只有几十种。这里牵涉到的因素还有成本过高的问题。使用的有机颜料中，偶氮颜料占多数，其它还有酞菁与色淀性耐晒颜料等。

1. 偶氮颜料：偶氮颜料的分子结构都有偶氮基团（—N═N—），偶氮基团是颜料的发色团。偶氮颜料的生产过程有其共性，现举一例说明：

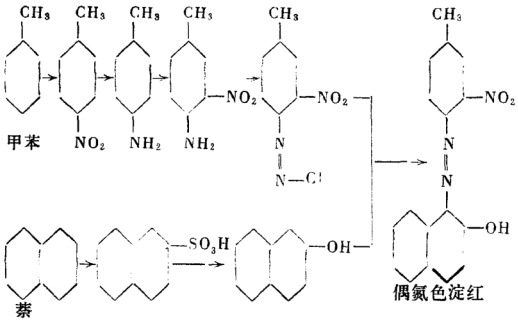


图6-2　有机颜料生产步骤一例

图 6-2 是偶氮色淀红颜料的生产步骤概括图。偶氮染料是属于有机染色物质中最庞大的一类，其结构比较简单，它们都含有偶氮根（—N═N—），偶氮色淀红的生产过程是由芳烃胺与另一个芳烃化合物连接成重氮化合物的过程。改变胺和双苯成分可以生产出数千种不同的偶氮染料来。在印刷油墨中采用的偶氮染料有耐晒黄G（汉沙黄）、联苯胺黄、金光红、立索尔红等。

大部分偶氮染料的颜色是黄色、桔黄和红色，而蓝色、绿色的颜料却很少。

2.色淀性颜料：色淀性颜料指可溶性的染料用沉淀剂沉淀并染色于氢氧化铝〔$Al(OH)_3$〕、硫酸钡（$BaSO_4$）、铝钡白等载体上面的有色物质。如果为了提高着色力而不使用载体的为色源性染料。

用于生产色淀的染料必须在液体中完全溶解，与沉淀剂作用后必须全部沉淀。用于色淀生产的载体要求分散度高。

色淀性颜料根据耐晒度可分为普通色淀和耐晒色淀，耐晒度不好的普通色淀渐被淘汰，用得多的还是耐晒色淀。

根据制造色淀的染料类别，色淀性颜料还可进行分类，用酸

性染料制成的色淀是酸性色淀，用盐基染料制成的色淀是盐基色淀。

酸性色淀不耐晒，在阳光下晒一天就几乎完全变色或褪色；其耐碱性也很差。因此印刷油墨中采用的品种只有几种，如孔雀蓝色淀、射光蓝等。

盐基色淀是盐基染料与磷钨、磷钼、磷钨钼多元酸组成的化合物。盐基色淀保持了盐基染料原先的鲜艳饱和的颜色，耐晒度也大为提高，抗弱碱，耐180～200℃的高温，但在醇类、强碱中不稳定。印刷油墨中采用的有耐晒盐基桃红色淀。

3.酞菁染料：酞菁颜料系统是20世纪30年代发展起来的，只有蓝与绿两色。其优点是色泽鲜艳、着色力高（高于铁蓝2～3倍）、化学稳定性高，不溶于一般的溶剂，耐光、耐热，是蓝色颜料中品质最优的颜料。酞菁颜料有酞菁铜蓝（$C_{32}H_{16}N_8Cu$）、酞菁绿（$C_{32}HCl_{15}N_8Cu$）等。

与无机颜料相比，有机颜料有比较明亮的颜色，着色力也较强，比重要轻得多，制成的油墨很少发生沉淀现象。无机颜料大多具有坚硬的晶体结构，轧制很不容易，在油墨中的颜料小颗粒会使版材和凹版刮墨刀磨损。有机颜料质地就不那么坚硬，这就避免了磨损的问题。无机颜料大多是不透明的，而有机颜料多是透明的。有机颜料的耐晒、耐热和化学稳定性都比较差，有些甚至在耐油、耐脂的方面都很差，在溶剂中容易串色。

综上所述，十全十美的颜料是不存在的，不管是有机颜料还是无机颜料，都具有一定的缺陷。由于这个原因，油墨配方的选择，特别是用于特殊用途的油墨，更需对所用的颜料加以仔细地选择。而对于印刷业，我们要了解的主要是所采用的油墨的综合性状，以及印刷工艺、机器种类、印刷材料（这里指承印材料）、后续工艺和最终印刷品对油墨的各项要求。

第二节　连结料与助剂

前面已讲到印刷油墨是由染色物质分散到液状连结料中而制成，印刷的过程是将油墨转移到纸张上，然后采用各种干燥方法使纸张上的液状油墨转变成固态的薄膜。这就对油墨中的连结料的性质就提出了一定的要求，要求连结料首先必须是液体，并能将颜料分散于其中；要求连结料必须具备适当的流变性，以保证油墨在印刷过程中能够均匀地转移；连结料必须是成膜物质，即油墨转移到承印物表面之后应固着于印刷表面，并形成一层薄膜。

印刷的工艺不同，对油墨的要求也不同，油墨中的连结料也应不同，油墨中连结料的种类决定了油墨的性能，按干燥形式分，油墨有渗透干燥、氧化结膜干燥、挥发干燥等几类，连结料也有相应的几类。

油墨连结料的种类很多，而且，就一种油墨而言，其连结料也往往不只一种，其作用也各不相同。现分门别类地对连结料加以介绍。

一、油　　脂

油脂可分成动物油、植物油和矿物油三大类。动物油指动物身上的油（脂肪），如猪油等。植物油指从植物的种籽或杆皮榨取出的油脂，如亚麻仁油、桐油等。矿物油是从石油中获得的。

当油以薄层的形式暴露在空气中时，很快就干燥的是干性油，不容易干燥的是半干性油和不干性油。

1.干性油：大多数干性油是从植物的种子中获得的，用得最多是亚麻仁油、桐油、梓油和苏籽油（又称荏油）等几种，分别是从亚麻、罂子桐树、鸟桕树和荏胡麻的果实中获取的。和其它天然物质一样，干性植物油也是多种化合物混合而成的，但它们的主要成分都是三酸甘油酯。这种植物油的分子通式可写成如下形式：

$$\begin{array}{l} CH_2OCOR_1 \\ | \\ CHOCOR_2 \\ | \\ CH_2OCOR_3 \end{array} \qquad (三酸甘油酯)$$

式中的R_1，R_2，R_3分别表示不同的脂肪烃。不同的油类，脂肪烃链的长短也不同，烃链上有无双键结构、双键的数目及所处的位置也不同，脂肪酸的活性也不同，由此影响到油脂的干燥速度。各种植物油的干性主要取决于油脂分子中所含的饱和脂肪酸和不饱和酯肪酸的比值，含不饱和脂肪酸多的油脂为干性油脂，含不饱和脂肪酸少的油脂为不干性油，介于二者之间的是半干性油。具体的界限是由“碘值”的高低来划定的。碘值指 1 g 油吸收碘的厘克数，一般说来，碘值在150以上的为干性油，碘值在100以下的为不干性油，介于二者之间的是半干性油。

亚麻仁油中占主要地位的脂肪酸是亚麻油酸、亚油酸和油酸，分子式如下：

油酸　$CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_7COOH$

亚油酸　$CH_3(CH_2)_4CH{=}CHCH_2CH{=}CH(CH_2)_7COOH$

亚麻油酸　$CH_3CH_2CH{=}CHCH_2CH{=}CHCH_2CH{=}CH(CH_2)_7COOH$

在这些脂肪酸中，每种都是由18个碳原子组成的线状链，都有不饱合的双键。

而在三酸甘油酯通式中的 R_1、R_2、R_3 就是这类脂肪酸的长链，如亚麻仁油的R_1可能是亚麻油酸的长链：

$$CH_3CH_2CH{=}CHCH_2CH{=}CHCH_2CH{=}CH(CH_2)_7—$$

而三酸甘油酯的真正结构是三维的构造，这里用图6-3表示。图中的直线表示甘油根，而波浪线表示脂肪酸链。

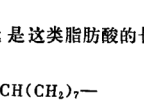


图6-3　三酸甘油酯的分子结构示意图

干性植物油的干燥特性取决于脂肪酸链的不饱和部分，如 —CH=CH— 中的

双键部分，这个不饱和的双键为空气中的氧气的侵袭提供了一个薄弱环节，也是三酸甘油酯聚合时在分子间架起连接桥梁的地点。三酸甘油酯分子连接起来的示意图如图6-4所示。

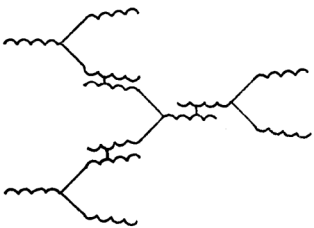


图6-4　三酸甘油酯聚合示意图

把亚麻仁油薄薄地铺在一块玻璃之上，使其暴露于空气之中，那么亚麻仁油的重量会增加，亚麻仁油层最终也会干燥成膜。这是因为亚麻仁油中的双键打开，结合了空气中的氧的缘故。假如把涂上亚麻仁油的玻璃板放入一个充满氮气的密闭容器中，那么亚麻仁油层的重量就不会增加。

天然的亚麻仁油在室温下暴露于空气之中，那它需四天才能完全干燥成坚硬的固体膜层。如果涂敷的油层较厚，又要求在较短的时间内干燥，那只有借助于加热处理的方法才能加快天然亚麻仁油的干燥。早期使用的凸印和平印油墨中，主要是采用经过预先处理的亚麻仁油，而调墨油是在270～290℃的温度下处理一定时间的精炼亚麻仁油。亚麻仁油经过这种处理后，脂肪酸链上的双键打开，与邻近的三酸甘油酯分子连接起来，随着反应的进行，聚合程度提高，油的粘性也增加。当油的粘度增加到一定时，人为停止反应的进行。根据不同的用途，热处理的方式也不同，加热的温度、添加干燥剂的种类、通入空气否等等都决定着亚麻仁油的性质。

桐油是我国的特产。桐油酸含有三个不饱和的双键，而且是共轭双键（双键当中无次甲基—CH_2—隔开），而共轭双键极易聚合成二聚体或三聚体。在聚合成膜后，性质稳定，组织严密，很少生成羟基和羧基，因此由桐油制成的油墨耐碱性、耐光性及

抗水性都比较好。桐油与某些树脂的混溶性好，可用于制作树脂型油墨。但桐油有膜层无光泽，易老化而失去弹性，干后还略有粘性等缺点，与别的干性油混炼可抵消一部分缺点。

梓油含有少量有共轭双键的十碳二烯酸，其碘值较高，干性也较亚麻仁油快，聚合较快，膜层较硬，但弹性及光泽不如亚麻仁油，一般是与其它油料混炼制为连结料的。

苌油干性比亚麻仁油快，干后所结的膜耐水性及坚固性都较好。

随着印刷机转速的提高，对油墨的干燥性的要求也相应提高，为了相应地制出快干的高质量油墨，连结料也逐渐采用了人造的连结料，而传统采用的亚麻仁油已逐渐被取代。人造的连结料与干性植物油的化学成分相差很大，但其干燥作用却是一样的。

2.不干性油：不干性油主要是矿物油。矿物油是石油中的高沸点成分，其化学成分是碳氢化合物的混合物，这些成分多是不活泼的介质，化学稳定性都很好。从粘度上来分类，矿物油可分为轻油、中油、重油，或分得更细一些，有绝缘油（动力粘度为9.5/50℃）、锭子油2（动力粘度为12/50℃）、锭子油3（动力粘度20/50℃）、30号机油（动力粘度30/50℃）、45号机油（动力粘度45/50℃），还有煤油等。这些油类从化学成分上讲是相似的，而且沸点都比较高。这些油料可以溶解多种树脂形成粘稠的液体，也可以与其它油料混合，因此在印刷油墨中用得较多，主要是在渗透干燥型油墨中作连结料，也常用作稀释剂。

油墨工业采用的煤油是高沸点油，是石油在250～300℃分馏的那一部分。这种煤油是低挥发性的溶剂，粘性极低，对油墨起减粘作用，并使油墨在纸张表面快速固着，主要用于胶印或凸印的亮光快固着油墨。

不干性油中有一类是不干性植物油，不干性植物油很多，在油墨中采用的是蓖麻油。蓖麻油是从蓖麻籽中榨出来的，粘度大，比重也较大，可溶于酒精及醋酸，不溶于石油醚。蓖麻油虽

是不干性油，但在催化剂的作用下能脱去分子中的一分水而成为具有不饱和脂肪酸酯的干性油，干性比亚麻仁油还好。它还可代替桐油与半干性油配合使用，用于印铁白墨时可使油墨不易泛黄。蓖麻油很少直接用于油墨制造，但常用作油墨的助剂，如蓖麻油磺化后可作颜料的表面活性剂。

二、树　脂

“树脂”一词不是几句话就能定义得了的，它的意思与其说与物质本身有关还不如说与物质存在的物理状态有关，它的状态也不与一定的化学结构有关。就目前而言，树脂包括取自植物的或动物的天然树脂（如松香、虫胶等等，是几种物质的混合物）和大量的用人工合成的具有各种不同化学结构的合成树脂（如一些碳氢化合物、醇类、酯类）。树脂的形态也各不相同，既有坚硬的发脆的固体，也有粘稠的液体。

一般来讲，树脂都是有机化合物，具有复杂的结构，高分子量和能溶解于一些有机溶剂的性质，当溶剂从树脂溶液蒸发时，树脂的浓度会逐渐增大，树脂不象无机盐类那样结晶出来，而是其溶液随溶剂除去而变得粘稠，最终树脂分子相互间紧密地连接在一起，形成凝胶体，表面形成薄而透明的膜层。这个性质在表面涂布所使用的许多树脂中是很重要的。

树脂代替植物油进入油墨业，在我国也只有一二十年的历史。在植物油型油墨不能满足印刷方法不断改变提出的要求的时候，引入树脂做为油墨的连结料，油墨质量有了很大提高，这就促使树脂在油墨业得到了更广泛的应用。

油墨对树脂的要求是从印刷品表面性质、印刷物使用的场合、印刷工艺的限制以及环境污染等几方面综合考虑的，即要求树脂能使印刷品的墨膜具有很好的光泽、附着牢度和硬度，要求树脂赋于油墨有适当的流变性、抗水性和印刷适性，要求树脂与植物油、油墨用溶剂或其它树脂有良好的互溶性。由于油墨最后要将色料附着在印刷物表面并受到树脂薄膜的保护，因此树脂成

膜性能尤为重要。

用植物油制成的胶印油墨，由于要求油墨墨膜很薄，因此在印刷时油墨易发生乳化、不下墨、糊版等现象，而树脂型油墨中由于树脂的稠度、粘度、粘弹性都比植物油好，油墨的转移性能也得到改善，固着速度也不受影响。树脂与色料的亲和力比植物油好，使油墨的墨性得到很大改善，尤其是溶剂性凹版油墨，可避免颜料漂浮或沉淀。树脂的成膜性也比较好，使印件具有很高的光泽。某些树脂与承印材料表面之间有强大的吸引力，可提高油墨对印件表面的附着牢度，如聚乙烯塑料的分子没有极性，一般油墨对它的附着牢度都很差，而聚酰胺树脂却能在聚乙烯薄膜上很好地附着。又如环氧树脂对玻璃和金属的附着牢度也很好。另外，树脂成膜后硬度较高，其形成墨膜后摩擦牢度也比植物油型油墨强。树脂的干燥或是通过溶剂挥发，或是热固或紫外线干燥，其干燥速度都比植物油连结料氧化结膜的速度快。

树脂的物理和化学性能很多，我们关心的是下面几点：

①树脂的溶解性。树脂具有一定粘度才可用于油墨，这就需要加入一定量的溶剂去调节，因此，树脂能否在低毒或无毒的溶剂或脂肪族矿物油中溶解，是关系油墨性能好坏的。

②树脂的粘度。这实际上是指树脂在特定情况下的粘度。

③软化点。在树脂软化过程中，规定其变成粘稠液体时的温度为软化点。软化点随树脂分子量增大而升高。

④树脂的色泽。为避免树脂的颜色影响油墨的色相，树脂要求为无色或颜色很浅的液体。

⑤树脂的透明度。树脂的透明度与溶解性好坏有关，也是树脂好坏和有无杂质的衡量指标之一。

⑥释放性。指溶剂从树脂中跑出来的速率。当然，这与溶剂挥发性能好坏也有关。

⑦酸值。树脂的许多种类是由树脂酸、脂肪酸、芳香酸类经缩合而成的，因此，树脂中多少还有部分羧基(－COOH)没有参与缩合反应，这部分羧基的数量通常以酸值来表示，指中和每克

树脂所消耗的氢氧化钾毫克数。油性油墨要求较低的酸值，约为20，水性油墨要求酸值高于100。

⑧抗水性。树脂的抗水性影响到油墨的抗水性，抗水性差的油墨在胶印时会发生乳化、糊版，不下墨的现象。水性油墨在使用时要求水稀释性能要好，但成膜后就不能再溶于水。树脂抗水性与树脂的亲水基团（如羟基－OH、羧基－COOH、胺基－NH_2、磺酸基－SO_3H、甲氧基－OCH_3等）的数量和分子量的大小有关。水性树脂是这些亲水基团生成盐后的树脂。

用于凹版印刷油墨、柔性版印刷油墨的树脂是溶解在挥发性溶剂（如甲苯、甲醇或改性酒精）中的。用于平版印刷油墨或凸版印刷油墨的树脂是将固体树脂通过加温溶解于植物油或矿物油里的，加温的温度高低和保温时间的长短不同，树脂溶解在油脂中的情况也不同，升温较高并保持较长时间的，树脂溶解得较完全，质量较稳定，但固着比较慢，适宜作一般油墨的连结料。而升温较低的，树脂溶解得较不完全，适宜作快固着亮光油墨，或一次多色印刷用油墨的连结料。

1.天然树脂：直到本世纪初，表面涂布业中所使用的树脂还都是天然有机物，这些有机物在用作调墨油或油墨连结料之前还需进行一定的化学处理，而且质量也不够稳定，现在除在低档油墨中偶有直接使用天然树脂的，多数需经过加工和改性，但其在油墨业中仍占有很重要地位。

天然树脂一般是透明的发脆的固体，颜色黄里透棕，化学结构非常复杂，至今尚不能完全掌握它的结构。它在成膜前后，一般没有很明显的化学变化，其成膜速度主要取决于溶剂挥发和渗透的速度及树脂对溶剂的释放性。

天然树脂中所含的杂质给油墨的质量稳定带来一定的影响。因此，合成树脂的出现，很快就取代了天然树脂。

①松香：松香的性质见第三章“聚合物”一节。在油墨业，松香并不直接用来生产油墨，而是经过聚合、氢化、歧化、胺化、加成、改性后再用于油墨业的。如：

⑧聚合松香：具有共轭双键的松香酸在适当的条件下，两个分子互相聚合而生成二聚体，也叫二聚松香。其性能比松香优越，软化点较高，不结晶，因聚合而减少了共轭双键、抗氧化性提高也更稳定了。其溶解性能仍然很好。用其做改性树脂可提高软化点和粘度。在胶印油墨中就使用了用聚合松香改性的酚醛树脂，松香的季戊四醇脂在铅印墨中也得到了应用。

⑥石灰松香：也叫松香酸钙、松香钙皂。它是以两个分子的松香酸与一个分子的氢氧化钙反应而成的。松香酸钙只有与松香共存时，才能溶于矿物油，而纯松香酸钙是不溶于溶剂的，因此实际上并不完全将松香做成钙皂。石灰松香的软化点比松香高，酸价有所降低但仍然较高，成膜后的硬度、光泽都比松香好。但脆性大，耐气候性能差，一般多用于印报墨中。

⑥松香酸脂。松香用氢氧化钙改性效果并不好，一般是用多元醇来改性，称松香酸脂。

用甘油改性的松香叫松香酸甘油脂，又叫甘油松香。一个甘油的分子能与三个松香酸的分子起脂化反应。甘油松香软化点〔99±5℃(环球法)〕比松香高，酸价（小于18）比石灰质松香低，抗水性也有所提高，但不太理想，光泽、硬度也还不够，通常只用于誊写油墨中。

用季戊四醇与松香酸起脂化反应而制得的是季戊四醇松香。季戊四醇的一个分子能与四个松香酸分子起反应。季戊四醇松香软化点比甘油松香高、抗水性、硬度较好，墨膜干燥速度也快一些。

②沥青。沥青的性质参见第三章“聚合物”。油墨业中使用沥青时关心的是沥青的软化点、溶解性、沥青溶液贮藏时的稳定性。沥青来源丰富，价格低廉，现在还部分用于铅印黑墨和新闻黑墨中，但用沥青配制的连结料，存放时容易出现变稠的现象，这是因为沥青有氧化聚合成高分子化合物的趋势，其聚合程度越高，溶解度就越小，因此，配制时应注意溶剂的种类及配比，溶解的温度及溶剂中的杂质对溶解过程的影响。凹印油墨的连结料

采用溶于苯的沥青效果较好，铅印油墨则常采用溶于矿物油的石油沥青。

2.合成树脂：合成树脂是聚合物（参见第三章“聚合物”）的一种，是由不饱和单体聚合而成。与天然树脂不同之处在于我们能完全准确地掌握它们的化学结构，可以按严格的规范进行生产，还能通过选择不同的化学原材料以及改变原材料间的配比来生产各种不同用途的树脂。

合成树脂的种类繁多，其中有一部分已在第三章中讲过，如聚酯、聚酰胺（尼龙）一类缩聚物，以及象聚苯乙烯、聚乙烯树脂一类加聚物。印刷油墨中也使用多种合成树脂，如醇酸树脂、酚醛树脂、顺丁烯二酸树脂、聚酰胺树脂等。

①聚酯树脂。聚酯树脂是二元或多元醇与二元或多元酸产生酯化反应生成的高分子化合物的总称：

$$nHO—R—OH + nHOOC—R'—COOH \rightleftharpoons H\text{-}[\text{-}O—R—COCR'—CO\text{-}]_n OH + (2n-1)H_2O$$

油墨业采用的多元醇和多元酸很多，常用的有表6-3及表6-4所示的几种。

表6-3　　常用的多元醇

名　称	规　格	当　量	熔点(℃)	沸点(℃)	比　重
甘　油	无　水	30.7	18	290	1.26
	95　%	32.3	—	—	1.25
季戊四醇	纯	34.0	262	—	1.38
	工　业	35.5	—	—	—
三羟甲基甲烷	纯	44.7	57—59	295	1.14
	工　业	45.3	—	—	—
新戊二醇		52	—	—	—

纯的聚酯在油墨制造时应用很少，一般多加以改性，即通过松香、聚合松香、植物油或脂肪酸等加以改性，以改善聚酯树脂

表6-4　　常用的多元酸

名　　称	当　量	状　态	熔点(℃)	沸点(℃)	比　重
邻苯二甲酸酐	74.1	固	131	284	1.52
间苯二甲酸	83.1	固	354	—	1.54
巳 二 酸	73.1	固	152	—	1.37
顺丁烯二酸酐	49.0	固	55	200	1.47

的溶解性和印刷适性。

其中，在油墨业用得最多的是用脂肪酸（或植物油）改性的树脂，这一类用脂肪酸改性的聚酯树脂称为醇酸树脂。

具有热塑性的长链聚酯通过有两个羟基（-OH）的乙醇和具有两个活泼的氢离子（H）的酸之间的缩聚反应生成的。如果醇类有三个氢氧根（-OH），如甘油，通过缩聚反应就生成具有热固性的网状聚合物（图6-5）。这种醇酸树脂用于油墨业的价值不大，因为它不溶于普通的有机溶剂，但其经过改性，即在分子中植入长链脂肪酸可以获得必要的溶解性。

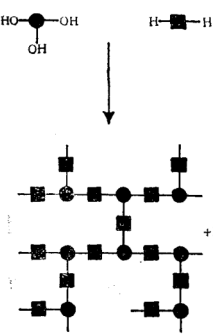
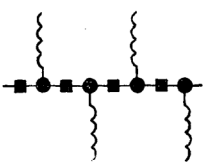


图6-5　热固性树脂的构造

假如我们用～～表示脂肪酸，那么改性醇酸树脂可以表示成图6-6中的形式。虽然醇类有三个氢氧根，而酸有两个氢根，但脂肪酸只有一个活泼


图6-6　醇酸树脂的结构示意

的氢根，这样就可防止建立起三维的聚合网状结构，这些树脂就称为油改性醇酸树脂，或简称醇酸树脂。

⑧醇酸树脂。醇酸树脂可分为干性醇酸树脂和不干性醇酸树脂两大类。这是以树脂在空气中能否干燥来区分的。干性醇酸树脂采用的脂肪酸的不饱和程度高，或采用干性油进行改性，制成的醇酸树脂与空气中的氧接触，在室温下也能成膜固化。而不干性醇酸树脂采用的脂肪酸或植物油的不饱和程度较低，甚至是饱和的脂肪酸或不干性油，这类树脂在空气中不能聚合干燥。

用于改性的植物油有亚麻油、梓油、桐油、豆油、蓖麻油、椰子油、棉籽油、脱水蓖麻油、月桂酸（参见本节“油脂”部分）。根据醇酸树脂中含植物油（或脂肪酸）的多少，又可分为短油醇酸树脂、中油醇酸树脂和长油醇酸树脂，如表6-5所示。

表6-5　　醇酸树脂按含植物油多少的分类

油　度	含油量（%）	含脂肪酸(%)
短　油	25～45	≤40
中　油	46～65	40～52
长　油	66～80	≥52

油度的长短影响着醇酸树脂的性能。短油醇酸树脂很粘稠，酸值高，只溶于醇和煤焦油溶剂，不溶于石油溶剂，干燥慢而性脆。长油醇酸树脂则为易流动的液体，其酸值低，不溶于醇而溶于石油溶剂，在脂肪烃内的溶解度随油度增大而增大，附着力强、干燥性好、结膜光亮、印刷适性较好。油度长的，不饱和脂肪酸多，以氧化结膜为主；油度短的醇酸树脂含羟基较多，需用加热烘干，以缩聚反应为主进行干燥。就印刷适性说，长油的要比短油的好。中油醇酸树脂介于二者之间。

干性油醇酸树脂比起直接采用亚麻油作连结料来说，干燥速度快，这是因为树脂对稀释剂有一定的释放性，使稀释溶剂能很快地渗入到纸张纤维中去，留下颜料与树脂在纸张表面很快固

着。醇酸树脂所用的原料及生产工艺都比较简单，而且用醇酸树脂制成的油墨在光泽、附着力、硬度、柔韧性、干性、转印性等方面都很好，而且也是很好的润湿剂，能改善颜料的润湿性能，油墨中能加入更多的颜料，粘度变化不大，流动性也好，适用于较稀的印刷油墨及印铁油墨。但其表面干得快、粘手时间长，抗水性较差，一般都与其它树脂混用，相互补偿各自性能上的缺陷。用长油度的醇酸树脂调节硬而脆的松香改性酚醛树脂，使油墨在常温下就能干燥结膜，墨层富有弹性且有较好的光泽。在印铁油墨中用短油度的醇酸树脂和氨基树脂并用，靠加热干燥，使油墨具有一定的光泽、附着力和耐冲击性。

醇酸树脂的性能还可通过其它物质改性来改善。改性的物质是能与羟基、羧基和脂肪酸中的双键起反应的物质，如松香、用碱作催化剂制得的酚醛树脂、异氰酸脂、苯乙烯、失水苹果酸酐等。用松香改性的醇酸树脂粘性较低，在烃类溶剂中的溶解性得到提高，抗水性、墨膜附着力、光泽都得到改善，但松香分子中的共轭双键则使墨膜易老化、易变色。用碱作催化剂制成的酚醛树脂（如烷基酚甲醛树脂）改性的醇酸树脂可明显提高树脂的抗水性和粘度。用苯乙烯改性的醇酸树脂也能提高抗水性，由于其分子量增大，干燥性提高，硬度和脆性也增大。用异氰酸酯改性的醇酸树脂其抗水性、粘弹性、墨膜的摩擦牢度、光泽及附着牢度都得到改善，但用量过大会使树脂粘度过大，并降低对颜料的润湿性能。

聚酯树脂中还有一些常用的树脂，下面简略介绍一下这些树脂的性能。

ⓑ聚合松香季戊四醇树脂。这是以二聚松香与季戊四醇或甘油经酯化反应得到的树脂。下面是配方一例：

140号聚合松香	90.3%
季戊四醇	9.7%

产品是浅黄棕色透明的类似松香的固体，软化点180℃左右，酸值小于20。这类树脂的抗水性较差，不宜用于胶印油墨，目前多

用于铅印油墨。它与矿油相溶性比较好。

©松香失水苹果酸酐甘油树脂。这是由失水苹果酸酐与松香起加成反应生成的三元酸与甘油经脂化反应生成的树脂。下面是配方一例：

松香	76.9%
失水苹果酸酐	8.2%
氧化锌	0.1%
96%甘油	14.8%

产品软化点138～142℃，酸值小于20。这种树脂的光亮度较好，主要用于较高档的凹版印刷油墨。其采用的溶剂为甲苯，对环境有污染，固不多用。

②酚醛树脂。它是酚类、醛类缩聚而成的，具有耐气候性好，抗水性强、附着牢度好、光泽高等优点，它最早进入油墨业，现在也占有十分重要的地位。

酚醛树脂是酚类和醛类在催化剂的作用下缩聚起来的，催化剂不同，其产物也不同。在酸性催化剂的作用下，生成的树脂是线性的热塑性树脂，不存在游离的羟甲基，加热也不会再缩合，比较稳定。在碱性催化剂的作用下，生成的树脂是体型缩聚物，分子链上仍有羟甲基，遇热仍会缩聚，贮藏时不稳定。但它与松香或桐油在高温下能反应，油墨业大都用碱性催化剂制作酚醛树脂。

酚醛树脂的溶解性随酚的结构不同而不同，例如苯酚、邻甲酚、间甲酚所生成的树脂均不溶于植物油，而对位被烷基或苯基取代的树脂溶解性能特别好，这类树脂经改性后在油墨业中应用很广。

酚醛树脂可制成醇溶液而用作凹版印刷油墨的连结料，但绝大部分是改制成能溶于植物油的酚醛树脂，用于铅印油墨和胶印油墨。改制方法有两个，一是用烃基取代酚做树脂，一是用其它化合物改性。

烃基取代酚类树脂能直接溶于植物油中，所以称为纯酚醛树脂或100%酚醛树脂。凡邻位和对位烃基取代酚都能产生油溶性树

脂，多采用对位取代酚，如对叔丁酚、对辛基酚、对癸基酚等。

改性酚醛树脂是用干性植物油或油溶性物质（如松香、不饱和脂肪酸等）改性，或将酚醛树脂上的羟基（—OH）和羟甲基（$—CH_2OH$）醚化，降低分子极性，使之溶于油。前者以松香或植物油（桐油）改性最为理想，后者可以使醇类醚化羟甲基，或使酚醛树脂生成钠盐，再与脂肪族氯化烃醚化。

松香及植物油改性酚醛树脂在植物油中的溶解性提高了，矿物油稀释也容易了，树脂的软化点、粘度都相应提高，成本也低，在油墨中应用很广。

在油墨业中用得较多的酚醛树脂有酚甲醛树脂、甲酚甲醛树脂及二酚基丙烷甲醛树脂，经甘油松香改性后，前两者较难溶于矿物油，与干性植物油配制的连结料干后易泛黄，只用于制造普通树脂油墨。二酚基丙烷甲醛树脂改性后，油溶性大、色泽、光泽都较好，结膜后不易泛黄，软化点也很高，是性能较好的树脂，用于制造较高级的快固着亮光油墨。

③顺丁烯二酸树脂。顺丁烯二酸树脂是由顺丁烯二酸酐与甘油在低温下反应生成的缩合型树脂。油墨业采用的是经过松香改性的顺丁烯二酸树脂，改性后色泽比松香改性酚醛树脂浅，耐光性大大优于酚醛树脂，因此用于制造浅色或白色油墨，以及其它要求连结料无色的油墨，油墨墨膜不易泛黄，光泽好，释放溶剂能力强。一般用于制作照相凹版印刷用油墨及印铁油墨。

④氨基树脂。油墨业中所使用的氨基树脂指含有氨基官能团的化合物与醛类（如甲醛）反应生成的树脂，如三聚氰胺甲醛树脂、脲醛树脂、烃基三聚氰胺甲醛树脂、苯胺甲醛树脂、对甲苯磺酰胺甲醛树脂等。

氨基树脂主要用做金属表面印刷油墨的连结料，由于其印刷适性较差，固化温度高，固化后的墨膜硬而脆、附着力差，所以一般都与其它树脂连结料并用，如醇酸树脂、热固性丙烯酸树脂等，以改善油墨的光泽、硬度、干性、抗水性等。氨基树脂与醇酸树脂的配比视对油墨的要求而定，一般占10～50%，氨基树脂

含量增大，墨膜变硬而脆，但光泽、保色性有所改善。对干性醇酸树脂一般就不加氨基树脂了，而不干性醇酸树脂就应多加氨基树脂。

⑤环氧树脂。环氧树脂对许多物质表面有很强的附着力，油墨业利用这一特性，将环氧树脂做为金属表面印刷油墨或玻璃印刷油墨的连结料，油墨附着能力很好。

环氧树脂的环氧基和羟基较活泼，能与胺类、醇类、酚类、羧酸类反应，或交链固化或加以改性，因此常与酚醛树脂、醇酸树脂、氨基树脂并用。

环氧树脂可用多种物质加以改性，以改善树脂的溶解性、印刷适性、干燥性与混溶性等。例如用脂肪酸（多为植物油的脂肪酸）酯化改性的环氧树脂，又称环氧酯，其在烃类溶剂、植物油中的溶解性以及印刷适性、干燥性都有所改善。其脂肪酸量越多，则粘度下降、硬度降低、对溶剂的溶解性增加、印刷适性提高，但附着牢度下降，耐化学药品性也降低，考虑到与金属表面的结合强度，因此脂肪酸量不宜过多。另外，如果用失水苹果酸酐对环氧树脂改性，可制得水溶性树脂。而用丙烯酸对环氧树脂改性，可制得紫外线干燥油墨。

⑥聚酰胺树脂。聚酰胺树脂指分子主链中有$-N-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$结构的高分子聚合物，常用的是由氨基酸、二元酸或二元胺单体缩聚而成。如日常生活中的尼龙一类化学纤维就是这类物质。这类树脂用于塑料薄膜印刷油墨中，用来印刷聚乙烯、聚丙烯薄膜。将树脂溶解于有机溶剂中可制成凹版或柔性版油墨。

油墨业用的聚酰胺树脂与化学纤维工业用的聚酰胺树脂在性能上要求完全不同，即要求树脂的溶解性好，吸水性低，否则会影响墨膜的抗水牢度。油墨业用的聚酰胺树脂用二聚脂肪酸作为单体，因具有较长的支链可提高醇溶度。目前所用的聚酰胺树脂的醇溶性尚不好，需加入少量的芳香族溶剂以提高醇溶性，但芳香溶剂会使橡皮膨胀，限制了使用范围。

聚酰胺树脂制成的油墨其附着牢度好，光泽高。一般用于非吸收性承印材料的印刷。

聚酰胺树脂对醇酸树脂改性可得触变性大而流动性极小的胶状树脂，用作高速印刷油墨的连结料。聚酰胺树脂还可与亚麻仁油混合制成胶质油用于胶印油墨。

⑦水溶性树脂。水溶性树脂指能溶于水的树脂，其分子结构中有相当数量的强亲水性基团（如—OH、—COOH、—NH_2、—OCH_3、—$\overset{O}{\overset{\|}{C}}$—、—O—、—$\overset{O}{\overset{\|}{C}}$—$NH_2$等）或分子中的羧基、氨基已形成水溶性盐。水溶性树脂可用水作溶剂，主要用于纸张凹版印刷油墨，这样可以使原先用芳香族溶剂带来的环境污染现象得到解决，但其印刷的质量较差，墨膜粉化、无光泽，不适宜印刷较高级的印刷品。水溶性树脂也用于做印铁白墨的连结料。

水溶性树脂分几类，一是具有羧基的饱和或不饱和化合物，经聚合或不完全酯化而得到高酸值树脂，如丙烯酸类的共聚物，不完全酯化的酸性树脂（醇酸树脂、聚酯树脂等）。一是树脂本身的双键与不饱和酸加成后的树脂，如聚丁二烯与失水苹果酸加成的树脂。一是通过不饱和化合物引进不饱和酸而具有羧基的树脂，如环氧树脂和酚醛树脂通过不饱和脂肪酸或不饱和植物油与失水苹果酸酐反应生成的水溶性树脂。

⑧光敏树脂。光敏树脂指在光（特别是紫外线）的照射下能从液态转变成固态的一类树脂。这类树脂多属于不饱和的缩聚型树脂，树脂中的不饱和双键在光引发剂的引发下产生游离基并完成聚合，利用这个原理制成的油墨可在发射一定波长光的光源照射下固化干燥，如紫外线干燥油墨。

光敏树脂有两类，一是不饱和的聚脂，如以不饱和的二元酸（顺丁烯二酸、反丁烯二酸、依康酸等）与多元醇酯化而得；一是将不饱和化合物引入到缩聚型树脂中去而制得。

目前使用的光敏树脂常见的有：马来酸酐与多元醇制成的不饱和聚酯；低分子量的环氧树脂末端的环氧基与丙烯酸酯化而得

的树脂，含羟基的不饱和化合物（如多元醇的丙烯酸不完全酯、丙烯酸β羟丙酯、丙烯醇等）与低分子量的聚酯树脂（以及醇酸树脂）酯化，或通过异氰酸酯连接到树脂分子上而得的树脂。

三、溶　剂

溶剂是能够溶解其它物质的液体，在印刷油墨中，溶剂就是溶解树脂或油脂的液体。一般说来，溶剂都是有机化合物，但分子结构比树脂要简单得多且小得多，表 6-6 中是一些比较常用的溶剂，每组举一种列出其化学成分和其它性质做为例子。

每一种用途不同的油墨在选用溶剂时需考虑溶剂的许多性质，首先应该考虑的是溶剂的溶解能力，即溶剂溶解油脂、树脂或石蜡的能力，从溶剂的化学结构能知道它大概能溶解哪些物质，但对某一种溶剂是否能溶解某一种物质，还需进行试验，并在实际应用中检验。不过，了解要溶解的物质的极性，有助于对溶剂的选择。

我们知道，原子间由共价键联接的有机化合物将有极性，这是由分子中电子的不平均分配而造成的，这种极性增加了相邻分子间的吸引力，分子中带正电荷的一端将吸引邻近分子带负电荷的那一端（图6-7a）。只有当溶剂的分子都散布在被溶解的物质的分子周围，才能形成溶液，假如被溶解的物质有极性，那么，显然具有相同极性的溶剂最容易分开被溶解的物质分子间的联系（图6-7b）。而且，物质 A 和物质 B 接触时，只有物质 A 的分子能够在物质 B 的分子间自由活动时，溶解才能实现。假如

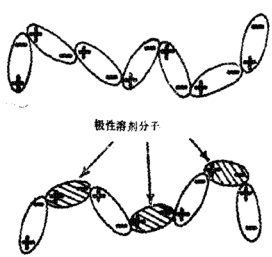


图6-7　极性分子的吸引作用

表6-6　　常用印刷溶剂

化学族	例　子	化　学　构　造	沸点或范围	应用举例
碳氢化合物	脂族烃，如正己烷、甲基环己烷、正辛烷等	从石油馏出物中得到的馏分。正己烷结构为C_6H_{14}、甲基环己烷为$CH_3C_6H_{11}$、正辛烷为C_8H_{18}	正己烷：69℃ 甲基环己烷：100.3℃ 正辛烷：125.8℃	在柔性版和凹印油墨中用低沸点馏出物 在凸印和胶印油墨中用高沸点馏出物
	石油溶剂	碳氢化合物的混合物	150～190℃	丝网印刷、油漆
	甲　苯		105～111℃	凹印油墨
氯化碳氢化合物	三氯乙烯	$CCl_2=CHCl$	86～87℃	是油、脂肪酸和石蜡的强溶剂，作为清洗液用，在油墨配方中很少使用
乙　醇	用甲醇改性的酒精	主要是CH_3CH_2OH乙基乙醇	77～79℃	柔性版和凹印油墨、挥发性调墨油
乙二醇	乙二醇	CH_2OH CH_2OH	197℃	潮致凝固和水可还原的凸印油墨
酮	丙　酮	CH_3 $C=O$ CH_3	55～56℃	柔性版和凹印油墨
酯	乙酸乙酯	O CH_3-C OCH_2CH_3	76～79℃	柔性版和凹印油墨、腊克

物质A和A之间，或者B和B之间的吸引力大于A和B间的吸引力，这两种物质就不会混合成溶液。

溶剂和溶质如果具有相似的极性，溶解的效果往往较好，如水（极性物质）与乙醇（极性物质）或丙酮（极性物质）的混合

就属这类情况。而水却不能与碳氢化合物相溶，如白节醇-石油溶剂（无极性物质）或苯（无极性物质）等。聚乙烯醇具有极性，是少数几种能溶于水的合成树脂。而无极性的碳氢化合物溶剂，如白节醇-石油溶剂，可溶解象聚苯乙烯一类的无极性物质，并能与象亚麻仁油那样的弱极性的干性油相混合，但不能溶解象醋酸纤维或硝酸纤维一类的有极性树脂。要溶解这一类有极性的树脂，最好采用有极性的溶剂，如酯类或酮类。当然，“用有极性的溶剂去溶解有极性的溶质，用无极性的溶剂去溶解无极性的溶质”，这一规律也有例外的，但了解这一规律无疑对研究溶解某一材料所使用的溶剂有一定指导作用。

溶解力只是选择油墨所用溶剂的许多指标之一。由于溶剂在印刷之后的瞬间往往要求能迅速挥发，而在承印物表面留下干燥的墨层，因此，溶剂的挥发速度也是溶剂选择时的一个重要的因素。为了获得预期的蒸发速度，常常需要采用混合溶剂。选择溶剂时应考虑的其它指标有溶剂的闪点、毒性、气味等，以及在干燥的墨层里是否会留下溶剂的痕迹。

树脂溶液除了包含溶剂之外，常常还用另一种液体稀释，这一类液体对树脂虽然没有溶解能力，但能与溶剂溶合，这样的液体称为稀释剂。在油墨中添加稀释剂的作用是调整油墨的粘度、挥发速度、降低成本和改善其它一些特性。例如甲苯就是一种稀释剂，虽然甲苯对树脂没有溶解能力，但常用于稀释硝酸纤维素清漆。稀释剂的用量应有所限制，它与溶剂应有一定的比例，如果稀释剂过量，溶液中的树脂就会沉淀出来，不过，有时还利用这种沉淀现象。在潮致凝固类油墨中含有可溶解在水溶性溶剂中的树脂（如乙二醇），树脂本身并不溶于水，从纸中或大气中来的水作为稀释剂进入油墨层，由于稀释剂过量，树脂开始沉淀，树脂沉淀结束之时，油墨也就干燥了。

四、增　塑　剂

增塑剂可以看成一类高沸点即低挥发性的溶剂。在油墨中

添加增塑剂能使原先发脆的墨层具有比较好的韧性，并使油墨墨层对印刷材料之间有比较好的粘合力。为了使增塑剂能更好完成这些功能，增塑剂的分子必须渗入到树脂连结料的长链分子之间，起到一种类似润滑的作用，使聚合的长链有了运动的自由。增塑剂的唯一不足只不过是蒸发速度很慢这样的小问题，虽然蒸发速度慢也可能超过允许的范围，但有时也在可容忍的范围之内。另外，增塑剂分子转移到墨膜的表面也可能造成表面发脆；相反地如果增塑剂从印刷材料向油墨层迁移可能使油墨墨层软化，甚至改变墨层的轮廓。

大多数增塑剂是粘稠的、高沸点的液体，例如邻苯二甲酸二丁酯（沸点340℃）、磷酸三甲苯酯（沸点420℃）。也有些增塑剂是固态的。增塑剂多用于依靠溶剂挥发而干燥的油墨和表面涂布剂，如凹版印刷油墨、柔性版油墨。

五、干燥剂

干性油的氧化反应如有少量金属盐类存在可大大加速，常用的金属盐类有钴、锰和铅的盐类，这就是干燥剂，顾名思义，干燥剂起的作用就是加速干燥过程的催化剂。催化剂就是那些能促进化学反应进行但本身又不发生任何变化的物质。凸版印刷油墨和平版印刷油墨如使用了干燥剂，可使干燥时间大为减小。

干燥剂有两种不同的形式，即液体干燥剂和糊状干燥剂。比较常用的是液体干燥剂，含有一定量的有机酸金属盐类，如红燥油（亚麻仁油酸钴干燥剂）、环烷酸铅干燥剂等。这些液体干燥剂是油溶性的，可与油墨相容。糊状干燥剂的制备是把研磨好的无机盐类（如铅和锰）混入亚麻仁油连结料中而成，如白燥油（硼酸铅、硼酸锰、油脂酸锰与调墨油、桐油混合调制而成）。糊状干燥剂常用于需要缓慢干燥或可控制干燥的场合，或是在多色印刷时要求表面油墨尽快干燥以便于套印等场合。相比之下，采用液体钴干燥剂产生的印刷表面软不适宜进一步的套印。液体干燥剂和糊状干燥剂也可以在同一种油墨中结合使用。

干性油干燥时，经过了氧化和聚合的过程，分子之间互相连接，使原先的直链状结构变成网状结构，从而形成固体而完成干燥过程。由于干性油含有一些不易被氧化的物质，必须等这些物质氧化之后，油分子才开始氧化和聚合。如果在干性油中加入金属盐类，金属离子被还原成低价，这些不易被氧化的物质被氧化，或是金属离子与这些物质结合而沉淀，从而缩短油墨开始氧化之前因等待这些抗氧化物质氧化所需的诱导期。其次，干燥剂能破坏油膜氧化后生成的氢过氧化物，形成较稳定的氧键，减少了油墨膜氧化所需要的氧量。燥油能直接吸收空气中的氧，形成新的氧化物，再与油分子的双键结合，释放出氧，从而加速油墨氧化的速度。干燥油多为极性很强的化合物，能使油分子定向排列，从而在干燥的早期就具有粘结和固化的趋势。

在油墨中干燥剂的含量一般为0.5～4%，而干燥剂中真正起作用的是金属物质，在大部分钴干燥剂中金属含量在4～8%范围内，在铅干燥剂中金属含量可达24～32%。由于干燥剂中金属含量多少对油墨影响很小，所以油墨中金属含量过高是一种浪费（图6-8）。

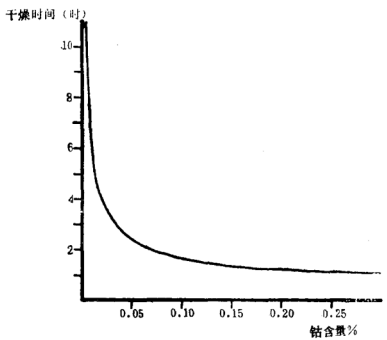


图6-8　加有亚油酸钴的连结料在玻璃上的干燥时间

在这些金属中，钴的干燥效果是表面干燥，在极短的时间内能在墨层的表面形成一层膜，一般认为钴的干燥效果最好。锰的干燥时间也比较短，主要是油墨氧化前的诱导期很短，但其形成墨膜却需要很长的时间。铅也是比较好的干燥剂，其使油墨干燥所需的时间比钴和锰长，主要是因为氧化作用很差。墨层干燥时是从上下两个面同时开始的。

六、其它辅助剂

为了改善油墨的印刷适性和其它一些指标，印刷油墨中除颜料和连结料之外，还有一定量的其它辅助剂。例如有时要在印刷油墨中加一些石蜡，以提高印刷品的耐摩擦性能，改进印张表面的光泽度和防水特性。在凸版印刷油墨和平版印刷油墨中加入一些石蜡的化合物，可以在不明显影响油墨流动性的前提之下减小油墨的粘性。

抗氧化剂是一种有机物添加剂，用来改善印刷油墨的耐印力。抗氧化剂可抑制油墨氧化结膜，或是推迟氧化干燥开始的诱导期，从而降低了干燥速度。这些抗氧化剂可以是凡士林、石蜡类的具有抑制氧化作用或降低干燥性的物质；也可以是对苯二酚、邻苯二酚、α-萘酚、β-萘酚等一些较强的还原剂，在油墨中与干燥剂或连结料争夺氧分，从而降低干燥剂或连结料周围的氧浓度，起到抑制油墨氧化的作用。这些还原剂并不影响油墨分子的聚合干燥。这些抗氧化剂还必须不与油墨分子结合，而逐渐析出油墨的表面。加了抗氧化剂的油墨可以使油墨在容器中或印刷机上不发生结皮干燥的现象，而又可在印在纸上之后因部分抗氧化剂渗透到纸中而降低纸张表面油墨墨膜中抗氧化剂的浓度，而不影响油墨墨膜在纸张表面迅速干燥。抗氧化剂的添加量以0.1～0.5%为宜，添加过多会给印刷带来不好的效果，而事先添加抗氧化剂的油墨会因存放时间过长而降低阻干作用。另外，抗氧化剂一般是几种不同的抗氧化剂混合使用的效果比单独使用的效果要好。

为了减少印品蹭脏的现象，可在印刷之后在印刷表面喷撒淀粉，也可事先在油墨中就加入淀粉。

另外，油墨中还有为润湿颜料和分散颜料之用的表面活性剂。

第三节　油墨的制造

印刷油墨生产的基本目的是使颜料颗粒均匀分散到连结料中，它使用的机械相对来说也简单得多，但其生产的组织却不太容易。因为油墨的品种很多，为适应不同的印刷方法，不同的承印材料，就必须选择各种各样的配方进行生产。

由于颜料颗粒是由许多细小的微粒粘在一起，形成一团团的颜料，分散颜料是用最小的能量将团块分散到印刷所允许的最低程度。一般先用连结料初步润湿颜料团块，再将颜料团块打开，使微粒粒度达最低允许程度，排出颜料团粒表面的空气，使连结料包围每一个颜料颗粒周围，使连结料和颜料混合物成为稳定的悬浮物。

油墨的生产大致可分为准备、配料、搅拌、轧研、检验及装罐等工序。

一、准　　备

这一阶段指的是油墨所需各种原材料的制取和加工。工厂所进的原材料，如连结料和颜料等，往往不符合油墨的要求，预先就需把这些原材料加工到可供制墨时为止，这一阶段就是原材料制取阶段。

在这一阶段中，干性植物油所含的游离脂肪酸及色素、磷脂等影响油墨印刷适性的杂质应先清除掉。植物油的精制法主要有三种：碱漂精制法、硫酸烧碱精制法及碱液漂土法。其目的是用氢氧化钠去除粗油中的游离脂肪酸和杂质及部分色素，再用天然漂土〔$H_2Al_2(SiO_3)_4 \cdot nH_2O$〕进一步脱去油中的色素及杂质。经过

精制的植物油还需加热炼制，以增进油的干燥速度、光泽、结膜的硬度、耐水性和耐久性。将植物油升温至指定温度（如亚麻仁油为280±3℃、梓油为275±3℃）后开始保温，当干性植物油产生部分聚合作用而使粘度升高到所需粘度时，送火降温。这样制得的干性树脂油就可作制墨用了。

二、配　料

配料是决定印刷油墨各种性能的最关键一环。要获得一个成功的配方要比油墨实际生产难得多。一个正确的配方的出现是掌握了油墨中各种成分的性能和其间的比例的结果。有了正确的配方，油墨的大量生产相对来说要简单得多了，虽然在生产工艺的细节上有细微差别可能导致最终产品的差异，但其主要的指标不会有太大的区别。

考虑油墨的配比，一般从艺术效果方面考虑的要比从科学技术方面考虑的要多一些，但也需要掌握各种材料的物理和化学特性等全面的知识，而这些只能来自大量的实践和经验。即使现今已有了许多有关有机化学及印刷油墨方面的书籍，但这些都代替不了这些实际经验。

前两节已讲到油墨生产所需的各种原材料，这一节主要讲印刷油墨生产中是如何把这些原材料放到一起去的。

油墨的配方之所以是个复杂的问题，主要是因为原材料可以在一个很广的范围中进行选择，而且油墨还有许多不同的因素需要加以考虑，所挑选的材料必须可以共存，并且能令人满意地混合在一起。所制成的油墨还需适应特殊的印刷工艺和印刷机机型的需要。在印到承印物表面之后，还需在一定的期限内，保证印刷图文经受得起各种要求（如耐摩擦、耐热、耐皂、耐晒等等）。

以上是油墨配料的一般原则，在具体配料时必须根据某一种油墨所具有的特殊性能确定具体的配方，在投入大批量生产前必须先进行小样配料与试验，经各项指标测定合格后才可投入生产配料。

三、搅　拌

配方确定之后，将颜料、连结料以及附加剂按量称好后，放入特制的调合桶中搅拌。现在的搅拌工序已经实现了机械化。

搅拌机的原理是装有叶片的搅拌棒在调料容器中旋转，使颜料和连结料在叶片剪切力和挤压力的作用下初步混合，形成糊状物。图6-9所示是搅拌机的一种，驱动力来自上方，搅拌棒可以上升或通过调料容器的下降而相互脱离，为了使糊状物在作旋转运动的同时还有垂直的运动，叶片安装时偏斜一个角度。这种类型的搅拌机适用于比较软的糊状物。要想搅拌极稠的糊状物还必须使用一种带Z形臂的蝶型搅拌机，它一般有两个Z形垂直旋转叶片，以不同的速度旋转，其旋转方向是相反的，叶片底部紧贴着容器的底部。而对较稀的油墨，搅拌器的叶片是齿轮状。

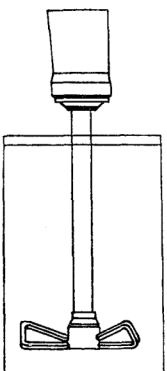


图6-9　搅拌器

搅拌的速度开始较低，以防色粉飞扬，然后再用高速搅拌。高速搅拌是为了加强叶片对颜料颗粒的剪切力，使颜料团块打开。国内普遍采用24～50 r.p.m.的三根棒搅拌的搅拌机，国外已推行较高速的搅拌机，转速为50～200 r.p.m.或400～1600r.p.m.的，功率也相应大一些。

油墨料调合成糊状后即可停机取下墨料容器，然后用轧墨机研轧。

四、轧　墨

轧墨的目的是使连结料中的颜料分散到印刷时在其所用机型上能取得令人满意的效果，因此不同的种类，其研磨程度也不同，

事实上想达到完全分散颗粒是不可能的，也没有必要。研磨机的种类很多，但其原理都是靠剪切和挤压的作用来完成的。

辊子轧墨机是最常用的，辊子的数目也不同，国内多为三辊机（图6-10）。这些金属辊之间互相接触，以不同的速度和不同的方向旋转，糊状的墨料就被送进两个辊子间的窄缝中研磨，然后用一个压向辊子表面的刀片收集研磨好的油墨。

三辊机是最简单的一种形式，其金属辊的旋转速度从机器后部到前部逐渐增加，其转速比常用的为1：3：9。由于辊子挤压油墨会产生大量热，所以辊子做成空心的，从中间通冷却水冷却。在后两个辊子上装有一个送料斗，将糊状的颜料送进辊子中，然后被带到前面两个辊子间的狭缝中挤压，在最前边的辊子上装有与辊子表面成一定角度的刮刀装置将油墨刮下。调整辊子间的距离，即调整狭缝的宽度可改变油墨的研轧程度。三辊机的排列方式也有不同，水平排列的有一定缺点，象图6-10b、c的排列方式可缩短操作者装料的距离，装料的次数也可减少，因为错开的排列方式增大了装料的空间，同时也减少了轧墨机的占地面积。

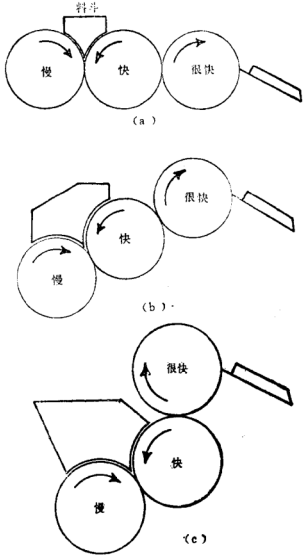


图6 10　三辊轧墨机的辊子排列方式

单辊轧墨机（图6-11）是由一个旋转的辊子和一根固定棒组成的。用于研轧低粘度的油墨，如印报用油墨等。其它还有双辊、四辊及五辊的，不过，其应用范围毕竟有限。

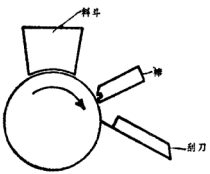


图6-11 单辊式轧墨机示意图

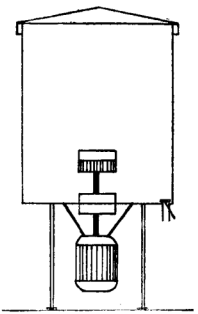


图6-12 高速搅拌机

上述是凸版印刷油墨和平版印刷油墨的制作方法，而其它种类的油墨制作方法有些不同。如凹印油墨和柔性版印刷油墨等较稀的溶剂型油墨的生产就需考虑油墨中的挥发型溶剂的因素，生产时就要将油墨暴露在空气里的表面积和暴露的时间限制在最小的范围内，同时对低粘度油墨的研墨就可采用高速搅拌和研轧的装置。这类油墨的搅拌和研轧常常结合在一个简单的操作过程中，因此需要有预搅拌过程，这个过程采用高速垂直式搅拌器，这种搅拌器可与前面所谈的可移缸式搅拌机那样由上方驱动，或者也可以由下面驱动（图6-12）。这种从下边驱动的搅拌机必须有出口管道卸料，有的还采用泵。经过这种高速搅拌机搅拌后一般紧接着就是研轧。这样的搅拌机也可用于生产调墨油。它适于搅拌容易分散的颜料或树脂小颗粒能溶解在溶剂的溶剂型油墨。

油墨也可以用球磨机研轧，这种机器结合了混合和研磨两种工艺，是溶剂性油墨生产的传统器具。其主要部分是一个钢滚

筒，下半部分是钢球或瓷球，也有装卵石的。然后加入组成油墨的各种材料(图6-13)，滚筒沿水平中轴旋转，研磨球和油墨原料不断撞击，使颜料等受到剪切和挤压，直到油墨中的颜料足够分散时为止，这个时间可达24小时。影响生产效率的因素有滚筒的旋转速度、球的形状和尺寸、滚筒中球的总体积和重量、各种油墨原料的性质和比例、滚筒中各物体的温度等，这些因素都可以进行调整，以获得最佳的研磨效果。球磨机不需要预先搅拌，所有材料都可同时加进去，它装料、卸料很方便，可以日夜连续生产，使用和维修的费用较低廉。不过生产效率很低，不适于小批量生产；滚筒中只有四分之一的容积用于装料；噪音很大；清洗困难；同时，在撞击中从滚筒壁面和研磨球表面剥落的物质也会污染油墨，这使得人们不得不想法对溶剂型油墨的生产加以改进。现有一种由固定容器、驱使钢球或瓷球迅速在容器内转动的心轴所组成的球磨机，其研磨速度大大加快。这类球磨机有各种尺寸。经过预搅拌的材料被泵入容器的底部，分散好的油墨从顶部抽出，经过筛除去其中的钢球。

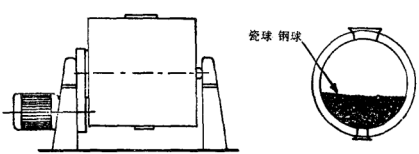


图6-13 球磨机原理

另一类球磨机采用的不是钢球或瓷球，而是体积较小的砂子或小玻璃球，称为砂磨机。由一组隔板带动砂子或小玻璃球围绕容器内壁转动，这些隔板装在中央旋转滚筒上。由于运动砂层之间的速度差对组分进行分散。可用于连续生产印报用油墨，采用小钢丸的形式也可以生产卷筒纸胶印用的低粘度的油墨。

微流研墨机也是用来生产溶剂型油墨的，它是由一个圆周上

装有一系列犁状叶片的转子装在空心滚筒中制成，每一叶片的前边沿做成尖角，就象刮刀一样，代替球或砂子的是一些不锈钢杆。当转子转动时，不锈钢杆被甩起来，在犁形叶片和滚筒内壁形成一层（图6-14）。由于犁形叶片与不锈钢杆之间的速度不同，每当犁形片表面和不锈钢杆接触时，都使杆的转动方向发生改变，在其表面的墨层就受到强烈的挤压和剪切。油墨流出的速度可以根据分散的程度加以调节。这种机器一开始是用于小批生产的，现也有大的规格可供进行连续生产。这种研墨机在材料进入滚筒之前，需经预搅拌。

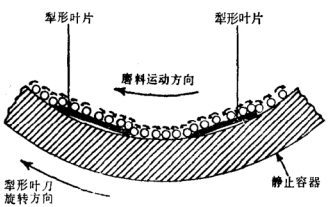


图6-14　微流研墨机的原理

溶剂性油墨大批量生产时，颜料仅经简单破碎就和固体树脂一起投入生产，分散是在重型双辊轧墨机上进行的，在挤压时的高温和高压作用下使树脂变成流体，这强有力的挤压力保证了颜料颗粒充分破碎，也大大简化了后续工艺。然后，在高速搅拌机上将其再分散到溶剂和附加的调墨油中。这样生产出来的油墨光泽度较好，着色强度有所改善，同时减少了对凹印印版滚筒的磨损。

五、检验及装桶

油墨轧制完毕后要检查其色相、细度是否符合设计的要求，然后就可装桶。桶桶时要注意不要有空隙和气泡，以减少氧化结皮而造成的损失，包装时表面常盖有涂上油的纸盖也是为防止表面结皮的。

第四节　油墨的干燥方式

与油漆和其它一些表面涂布的材料一样，油墨也有从液态到固态的变化，这个过程从广义上讲就叫做干燥，在理想的情况下，印刷油墨在容器中或在印刷机的墨斗或墨辊上应该是稳定的，当印刷油墨从印版上转移到承印物（如纸张）表面上时，油墨将立即转变为坚硬的固体薄膜。实际上这种理想的情况是很难实现的。

在讨论油墨的干燥时，我们应注意到印刷墨层非常薄，通常要比承印材料薄得多。

促使油墨干燥的许多方法中有物理的，也有化学的，油墨干燥的方式是由油墨的类型所决定的，也就是说是由油墨的连结料及其配比所决定的。油墨的干燥也因为承印物大多为具有多孔表面性状的纸张而变得复杂起来，在大多数场合下，油墨的干燥是要结合两种或两种以上的形式完成的。如油墨从印版转印到纸张表面后，油墨中的一部分连结料渗入到纸张纤维中去，与此同时，油墨中的溶剂开始挥发，在纸张表面的连结料也开始发生化学反应和物理反应，使表面墨膜的粘度及硬度不断增加，最后完成干燥过程，形成固体的膜层。但由于油墨中连结料种类和配比的不同，油墨也以某种干燥形式为主导来完成其干燥过程。

不同的印刷方法要选用不同干燥类型的油墨，以适应不同类型的印版的要求。凸版书刊印刷大多是在新闻纸上完成印刷的，由于新闻纸纸质疏松、印刷速度要求高，因此大多采用以矿物油和树脂为主体连结料制成的油墨，其干燥形式也以渗透干燥为主；平版印刷则采用以氧化结膜型干燥的树脂型油墨；而多以非吸收性物质为承印物的凹版印刷和柔性版印刷是采用含高比例的挥发性溶剂的树脂油墨，则其干燥方式必定以挥发干燥为主。

现就各种干燥形式分别谈油墨的干燥情况。

一、氧化结膜型干燥

当一定量的干性油料暴露在大气中时，这些油料会逐渐变稠

而最终成为固体材料。亚麻仁油就是一种这样的干性油，从印刷采用油基油墨起，一直是油墨连结料的主要来源。亚麻仁油的这种干燥过程就是亚麻仁油分子结构中的不饱和的脂肪酸与空气中的氧气反应，并将原先的直链状结构聚合成网状结构，从而形成固体物质的化学反应过程，其它干性油的干燥状态与此相同。

在整个反应中，空气中的氧气起了很重要的作用。

自然状态下的亚麻仁油或其它干性植物油的干燥非常慢，而且没有适当的粘度，是不适宜作印刷油墨的连结料的。然而，通过一定的处理可以改变天然干性植物油的这种缺陷，这就是人们常说的炼制，即在真空的条件下对亚麻仁油加热，使干性油的分子初步连接成比较长的链，油的粘度就增加，流动性则下降。这个过程进行的程度取决于连续加热的时间长短，因此，粘度较大的胶印油墨用连结料就要有较长的加热时间。用这样的方法制作油墨连结料是凸版印刷油墨和平版印刷油墨连结料制作的传统作法。近代，象亚麻仁油这样的天然干性油已不再单纯采用炼制的方法来改善其干燥性能和粘度了，其它方法也应运而生，其中大部分是化学的处理。与此同时，人造的干性油连结料已发展起来，用此配制的油墨是干燥的性能得到改善的快干油墨。

干性油墨暴露于大气中，油分子间的聚合过程是连续发生的，直到膜层完全硬化、具有弹性、呈透明状态时为止。不过我们还是可把它的干燥过程分成几个阶段，亚麻仁油等干性油在干燥开始时进行得十分缓慢，这是因为天然的亚麻仁油中含有微量的抗氧化剂和有机磷脂的缘故。这一过程又称诱导期。在接着一段时间里，油膜的重量显著增加，可达原重量的14%，一般认为这一阶段油分子吸氧生成过氧化物，这一阶段又称吸氧期。接着一个比较长的时期，油分子在氧化过程中产生了挥发物质，使原来增加的油膜重量下降至原重量的106～108%，称为过氧化物分解期。接着的一个阶段是聚合期，干性油的粘度迅速上升，分子量也逐渐增大，在此阶段，油墨膜基本固化。最后一个阶段是聚合体恶化期，此时油分子虽已固化，但分解、氧化过程还在十分缓

慢地进行，固态物质不断增加，液态物质已大为减少，但还有碳酸气和水蒸气产生。不过，这些阶段的分界却不象图6-15所划分的那么鲜明，而是错综地并非依所说的顺序先后发生的反应。

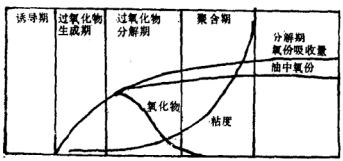


图6-15　干性油氧化结膜过程

知道了油分子氧化结膜过程，人们采用了各种方法来改善油墨连结料的干燥性能。如在油墨中添加少量的干燥剂，这些干燥剂或通过还原使抗氧化物质氧化，或加速过氧化物的破坏，以大大加快氧化结膜过程的进行。这些干燥剂的作用就象催化剂，在反应中起的作用，形象点说，就象氧气的搬运工，把大气中的氧气传递到干性油分子中，这比干性油本身直接从大气中摄取氧气要快得多。

在实际生产中，当印刷车间的相对湿度比较高的情况下，或是纸张的pH值太低的话，凸版印刷油墨或平版印刷油墨的干燥速度就会大为放慢。这是因为干燥剂与纸张的酸根离子产生化学反应造成的，这样墨层中的干燥剂的含量就明显不足，使干燥过程减慢。在整个反应中任何一环产生问题都会放慢反应的速度。如在油墨干燥过程中缺氧，油墨就不易干燥：刚印刷完的纸张在收纸台上被紧紧地压在一起，纸张间的空气不能充分流动，就使得油墨墨膜表面局部缺氧，这样油墨墨膜氧化聚合过程就不能顺利进行，则油墨不能很好地干燥，随之就会产生一系列的印刷弊病。

颜料对氧化干燥的速度也有影响。有些颜料阻滞干燥的速度，如钨钼盐沉淀的颜料（如耐晒紫）、炭黑会吸附干燥剂而使干燥减慢。但大多数颜料是惰性的，并不影响干燥速度，而还

有一些颜料，如铁蓝、铬黄等对干燥反而有促进作用，铬黄只有在锰干燥剂作用时才有促进作用，用钴干燥剂则无促进作用；铁蓝却在所有条件下都能加快氧化干燥过程。

氧化干燥随温度增加而加快，随干燥剂用量增加而增加，但干燥剂用量过高反而会加长干燥时间。氧化干燥型油墨印刷时采用的润版液若pH值小于3.8，会与干燥剂里的钴生成不溶于油的钴盐，从而影响干燥的速度。

二、渗透干燥

当液体与一个多孔材料表面接触时，由于表面张力的作用，将使一部分液体进入表面结构上敞开的部位。纸张的表面就是由纤维和矿物质填料颗粒组成的狭窄的缝隙构成的多孔状材料。当油墨转印到纸张表面时，由于毛细管作用，油墨很容易进入纸的表面，这样使油墨固结在承印物表面，而完成其“干燥”过程。实际上，我们可以说油墨中的液体并不是转变成固体而完成其干燥过程的，而可以说液状油墨已成为固态纸张的一个完整的部分。这两种干燥过程也可以说结果是一样的。通常所用的报版轮转油墨就是以渗透干燥作为油墨主要的干燥形式的。与其它干燥方法相比，渗透干燥是纸张印刷的一个很重要的干燥方式。当然，如果在非吸收性材料（如金属箔、塑料薄膜和玻璃纸等）上采用渗透干燥型油墨进行印刷，是要尝苦头的。

油墨对纸张的渗透可分两个阶段：第一阶段是在压印的瞬间，在印版对纸张的强大压力的作用下，油墨迅速渗透进纸张表面的间隙内。在第二阶段，可能发生连结料与颜料分离的现象，颜料不再渗透（图6-16），但在毛细管的作用下，油墨中的连接料相对缓慢地渗透到纸张纤维中去，直到油墨中的颜料颗粒之间变得足够紧密，其间的空间不断缩小，直至其产生的毛细管拉力与纸张纤维对连结料的拉力相等为止。

假如纸张吸油性和油墨的粘度的平衡关系恰当，那么渗透干燥就能顺利地进行下去。假如渗透不足，那么留在纸张表面上的

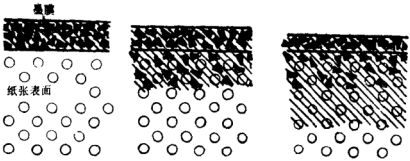


图6·16 渗透干燥的步骤

油墨过多，就不可能很快干燥，那就很可能把下一张纸蹭脏，甚至会使下一张印刷品和该印刷表面粘合在一起。反之，如果纸张吸收的油墨连结料过多，纸张表面仅留下失去连结料保护的颜料，干燥后的油墨不是一层坚硬的膜层，而只是颜料固结物，很容易被擦去或蹭在下面的一张纸张上，这种现象称为油墨粉化，多发生在涂料纸印刷上。由于新闻纸的表面结构比较粗糙，可有更多的颜料被连结料一同带进纤维的缝隙中，因此，粉化现象不那么明显。不过，连结料过多地渗透到纸张的缝隙中，会使纸张因吸油而造成不透明度下降，使印品发生透印和透影现象，即从纸张的背面也能看见印刷的图文。

渗透干燥有很多优点：干燥速度快，在高速印刷机上使用的油墨只有采用渗透干燥才能实现正常的操作，由于现代印刷工业朝着采用高效率、高转速的印刷机的方向发展，渗透干燥的油墨将有一个很广阔的前景。但是渗透干燥方式也有其不足之处，由于油墨被大量吸收到纸张纤维结构内部，印出的图文边界模糊、图文本身暗淡无光，这是因为光线照射到纸张表面后，很少能以镜面反射的形式反射回来。如轮转报版油墨主要由矿物油和炭黑颜料组成，压印后油墨迅速渗透到纸张中，表面只留下少量的油和颜料，这层油墨的表面是没有光泽的。为了克服这一缺点，既要产生一个有光泽的印刷表面又要保持渗透干燥快速的优点，现在采用的油墨含有两种连结料，一种是与干性油溶合在一起的树脂，一种是稀的高沸点溶剂（通常是分馏点为300℃的石油分馏物）。这种油墨印在纸张上之后，稀的溶剂迅速渗透到纸张纤维中去，

将剩余的油墨留在纸张的表面上。剩余的部分是树脂、干燥油和颜料的混合物，以氧化聚合的形式慢慢地转化成干燥的硬膜。

三、挥发干燥

挥发干燥类似于我们日常生活中干燥的形式，如我们晾衣服，水分蒸发而干燥。印刷油墨中如含有易挥发的溶剂，印刷到承印物表面之后，溶剂挥发到大气中，使油墨中剩余的树脂、固着剂同颜料一起形成固体膜层而固着于印刷物的表面上。

在最简单的情况下，只靠蒸发来实现干燥的油墨，都是把树脂溶解在易挥发的溶剂中作为油墨连结料的。印刷之后，溶剂蒸发，留下的树脂将颜料粘在纸张表面。为了加快干燥速度，可通过通风、加热等手段，加速溶剂的挥发。这种类型的油墨多用于非吸收性材料的印刷，如凹版印刷、柔性版印刷等。而塑料薄膜、铝箔等材料只能采用挥发干燥型油墨印刷。

用于挥发干燥型油墨的溶剂种类繁多，选择溶剂的工作对油墨各种性能的影响很大，如不同的溶剂对树脂连结料的溶解能力不相同，也对油墨的干燥速度和其它印刷适性有影响。选择溶剂的最重要的指标就是溶剂的挥发速度。

液体表面的分子总有一个逃逸到周围空气中的趋势，在液体分子运动到大气中之后，还有许多分子会重新落回到液体中。液体的温度上升，则其分子的运动加剧，运动速度也加快，能够从液体表面逃逸出去的分子数量也增加。如果液体置于密封的容器中，在一定的温度下，逃逸出液体表面的分子和落回到液体表面的分子数达到平衡，此时容器中的气压称为液体的蒸发压力。液体的温度提高到某一点，其蒸发压力恰好超过外部空气的压力时，液体就沸腾，液体分子就会连续地逃离液体表面。一般地说，液体的沸点越低，其蒸发的速度就越快。而液体的温度越高，其蒸发速度也越快，也就是说，加热是加快液体干燥速度的一个措施。更精确地说，溶剂的蒸发速度取决于干燥温度下的蒸发压力要甚于溶剂的沸点，例如甲苯（沸点111℃）在常温下蒸发速度

要比水（沸点100℃）快得多。大多数挥发性溶剂都是极易燃烧的物质，选用同时应有消防措施。因为蒸发速度很快的溶剂其燃点也很低，一般不用于作油墨的溶剂。溶剂挥发产生的蒸气和空气混合后，见火会产生闪光，也就是微弱的爆炸，这是不发生连续燃烧的最低温度，称闪燃点。溶剂可根据闪燃点的不同进行分类，例如可燃、易燃、不燃等。选择溶剂时，除考虑溶剂的生产安全因素外，还要考虑溶剂的气味，及环境污染问题，因此同时要考虑到印刷车间的通风情况、溶剂蒸气的排放问题、最好能考虑到溶剂的回收利用。另外，溶剂的蒸发速度加快可减小表面涂布层受油墨中连结料的影响，如墨层软化、流动而破坏表面墨层的结构。其次，溶剂对装油墨的容器是否有影响，溶剂对印版是否有腐蚀作用，溶剂对承印物是否有影响（如塑料薄膜用油墨中往往含有能稍微溶解薄膜表面的溶剂，而使油墨与塑料薄膜表面有较好粘结力）都应考虑。

印刷油墨中的溶剂的挥发性能不如溶剂本身的挥发速度快，这是因为油墨中的溶剂与树脂连结料和颜料颗粒混在一起，从而减少了溶剂与大气接触的比表面积减少了，同时溶剂分子也受到树脂和颜料的分子的吸引而减慢了挥发速度，油墨中颜料与树脂的含量越高，溶剂的挥发速度也越慢。

四、潮致干燥

这种干燥方式不如前几种普遍，但也是一种迅速将在表面涂布的液体转变为固体的方法。属于这类干燥方式的油墨有凸版印刷潮致凝固油墨。

假如一种油墨含有水溶性树脂，并且溶解在一种水也能溶解的溶剂中。这种油墨印刷在纸张上以后，纸中所含的水分及其周围的大气中的水汽就会溶解部分水溶性溶剂，致使所剩的溶剂再也不能容纳这些树脂，树脂就被沉淀在颜料的周围，形成一个干燥的墨层。假如纸张中的含水量不足以产生迅速的沉淀的话，可以在刚刚印刷完毕的印品上用蒸气喷嘴吹蒸气。使用在潮湿的环

境中或在蒸气的作用下凝固的油墨中的溶剂必须是可溶于水的，所以大部分采用乙二醇，它不仅有很好的吸湿性，并且对某些种类的树脂有很好的溶解能力。

这种乙二醇基油墨的最大优点是在干燥油的聚合反应期间没有产生令人不快的气味。但由于油墨干燥期间不断地从大气中吸收水分，因此油墨的印刷稳定性很差。油墨中的树脂在墨辊上就发生沉淀现象，而不只是仅在纸张表面上发生干燥现象。为了改善这个缺陷，近年来乙二醇基油墨大多都加入一定的碱，使其在干燥时吸收潮气的过程变得稳定一些。这已经部分地脱离了潮湿凝固的原理。

使用这种油墨时，要特别注意挑选适当的墨辊，因为乙二醇对传统的明胶辊有很强的破坏作用。在平版印刷中，由于有润版药水的存在，所以不适于采用乙二醇基油墨，但干胶印中还可以使用。

五、其它干燥方法

上面提到的氧化聚合、渗透干燥、挥发干燥是最经常遇到的干燥方法，其它还有很多油墨干燥方式。

1.**冷凝干燥**：印刷纸盒的油墨常用一种可在常温状态下固化的油墨。印刷时先将油墨加热熔化，印到承印物表面上之后，油墨的温度降低，自然转变成固态而“干燥”。因此，印刷机上必须有油墨加热装置使油墨熔化，同时印版（凸版或凹版）滚筒表面也都有加热设备。油墨加热时，油墨中的一些连结料和其中的涂布清漆这两种不同的化学物质产生化学交联反应，冷却后就固化了。

2.紫外线干燥。紫外线辐射能够引起游离基迅速发生光聚合激发反应的现象，如今已应用到油墨的干燥上来。用紫外线照射油墨墨膜，使油墨分子产生聚合作用而干燥。印刷油墨的连结料应能在紫外线的作用下聚合，其主要成分有预聚合物、单体、光引发剂以及添加剂等。

在紫外线的作用下，光引发剂被激发，产生游离基或离子：

$$R-R \xrightarrow{h\nu} R\cdot + R\cdot$$

这些游离基或离子与预聚物以及单体中的不饱和双键起反应，形成单体基团：

$$R\cdot + M \longrightarrow RM\cdot$$

然后这些单体基团开始进行连锁反应：

$$RM\cdot + M \longrightarrow RMM\cdot \longrightarrow RMMM\cdot \longrightarrow \cdots\cdots$$

分子交联是三维的，连结料也由液态变成固态。这个反应速度很快，不到一秒钟即完成，即在印张到达输纸装置就已完成。这个反应的后续还在纸堆中进行，又称后固化干燥，反应完成要持续数小时，后固化过程能加强墨膜的抗摩擦性能。

紫外线干燥时由于强烈放电，或是波长在220nm以下的紫外线辐射会产生臭氧，这些臭氧是在辐射器接通时所产生，需用冷却灯管的排风扇予以排除。臭氧的气味很容易粘附在有酪素的承印材料上。

紫外线油墨干燥的优点有：在印刷机收纸之前，油墨就能瞬时固化，因此不需喷粉也不会粘脏，适合于直接翻转印刷，或直接装订加工（如裁切、折页等）；没有溶剂挥发；油墨在照射紫外线之前不会干燥，可缩短清洗印版、橡皮布的时间；油墨干燥不受承印材料及润版药水pH值的影响；可以在廉价的纸张上印刷；可以在非吸收性材料上印刷，如在铁皮上印刷；还可节省干燥所需的能源；经固化后的墨膜手感很好。

紫外线油墨的缺点有：干燥设备投资较大，电力消耗较大；墨辊材料受到限制；需使用专门的洗涤剂；油墨成本高等。

3.电子束干燥：电子束干燥采用特殊的油墨，油墨中的反应性聚合物（如不饱和聚酯以及不饱和丙稀酸聚合物）和多官能单体在电子束照射后能迅速聚合使印件瞬时干燥（约0.005秒）。这种干燥方法速度快、不受油墨膜层厚度的限制。油墨中不含溶剂、干燥过程无挥发性气体释出，干燥后结膜性能好，耐摩擦及耐化学药品及溶剂等性能也佳。

电子束干燥设备价格较贵，但其操作费用只有紫外线干燥的一半。当电子束闪击目标时会产生X射线，因此需要有防护装置。另外电子束与氧气接触会降低反应效率，还会产生臭氧造成空气污染，需有通风装置。

4.沉淀干燥：这种油墨用溶于高沸点溶剂的乙基纤维素作连结料，转印到纸上之后，将印品浸入熔融的蜡液中，连结料立即沉淀而形成硬而平的墨膜。常用这种印刷油墨来印刷包装食品的纸张，如面包包装纸。

5.过滤干燥：这种油墨的连结料是胶质分散体，如环化橡胶分散在低粘度的液体中，油墨印到纸张上之后，低粘度液体被纸张所吸收，留在表面上的凝胶状树脂迅速固化而干燥，形成一层膜保护颜料。

六、多种方法相结合的干燥方式

前面我们提到的是按油墨干燥方式分门别类说的，其中有一些油墨只有唯一的一种干燥方法，例如在非吸收性印刷材料上印刷时，凹版印刷油墨和柔性版印刷油墨的干燥方式可以说只有挥发干燥型。不过在更多的情况下，油墨的干燥方法是各种不同方式的组合，在纸张或纸板上印刷时，如果油墨也有渗透干燥方式无疑会加速油墨的干燥过程。在大量的印刷方式中，干燥方法的各种不同组合可以用图6-17形象地来表示。

为了适应油墨的这几种干燥方式，加快油墨的干燥过程，以适应高速印刷机工艺的需要，在许多高速印刷机上都附加有干燥装置：通过提高印张上墨膜温度的方法；加速油墨中溶剂的挥发；或促使不饱合分子链聚合；或通过油墨中过氧化物和氢过氧化物使连结料分子中的双键聚合，使油墨膜迅速干燥，防止印张蹭脏、沾脏，影响印刷品质量。加热干燥的方式很多，如煤气火焰干燥方法、红外线辐射干燥、微波干燥、脉冲辐射干燥等方法。

1.红外线辐射干燥。这种干燥方法首先在卷筒纸报版胶印机

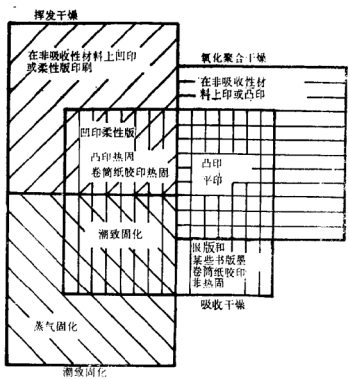


图6-17　在主要印刷方式中干燥方法的组合形式

上采用，其原理是：采用能在非常狭窄的波长区域上发射能量的光源对能在该波长范围内吸收辐射的油墨薄膜进行高温辐射加热，油墨中的有机分子吸收能量，促使分子中的原子或基团振动或转动，从而增加物质内部的能量，诱导物质的物理与化学变化，导致油墨干燥，如促使不饱和碳链产生交联作用而生成加成型聚合物（热聚作用），或通过油墨中过氧化物和氢过氧化物使连结料分子中的双键聚合（氧化聚合）。

在红外线干燥油墨的干燥机理中，油墨薄膜本身并不能吸收足够的红外线能量来完成聚合作用，因此红外线干燥需由其它干燥方法配合完成，如红外线转变成的能量驱使溶剂释放出来，渗透到纸张中去，从而加速干燥。或是纸张堆放后因受红外线加热的影响而产生的余热使油墨氧化或聚合促使干燥完全。红外线干燥过程非常迅速，在连结料还未渗入到纸张中这个过程就结束了，因此墨膜具有很高的光泽，色相的变化也很小。油墨所采用的原材料的吸收光谱应与红外线所发射的射线相对应。

红外线干燥采用的光谱可分为近红外线、中红外线和远红外线。红外线辐射被吸收的能量随着波长增加而减少。远红外线（4～1000μm）提供的热量相当大的一部分被空气吸收，也缺少对油墨的渗透作用，只能用于物体表面的干燥，干燥时间也较长。中红外线（2～4μm）是油墨干燥常用的波长范围，因为所用有机物的吸收特性均在这个射线范围内。中红外线对墨膜的穿透作用也比远红外线强，大部分射线能穿透象胶印那样的比较薄的墨膜而到达承印物，干燥效果也很好，但仍有一部分在空气中会被吸收或散射，产生一定量的散射热。近红外线(0.7—2μm)所产生的能量最高，被空气吸收和散射也很少，因此也称为"冷"红外线。近红外线的穿透力很好，能加热薄的油墨膜和承印物，对印刷薄膜干燥极为迅速。图6-18是近红外线、中红外线和远红外线穿透能力的比较示意图。

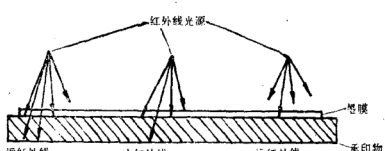


图6-18 近、中和远红外线穿透能力示意图

使用的红外线灯应尽可能靠近纸张，以减小红外线的辐射损失，使照射到印刷表面的光强到达最大。如红外线灯配有反射器，可减少辐射损失，提高辐射效率。反射板通常是在钢上镀铜再镀金或亮镍，或是钢上镀瓷再镀金或电化铝，镀金的反射能力能达到90%，而镀铝约为85%。

红外线干燥是干燥很迅速的一种方法，投资较低并很容易收回成本，加工和周转较快，印品堆放较高也不出现粘脏的现象，可适应正反面高速印刷，一般不用喷粉，也保持了车间的清洁。红外线干燥型油墨的光泽高、印迹清晰、墨膜抗摩擦性能好、不回潮、颜色色相不易改变，这些优点虽与紫外线干燥都相同，但

其干燥时间短约80%，灯具寿命长，在印刷机上所占空间小，电气部件投资少。更主要的是普通油墨也能用红外线干燥，即使是特别用于红外线干燥的油墨也只比普通油墨的价格高出15%。其印刷后的纸张可以回收，红外线辐射不危害人的健康，红外线灯也不像紫外线灯那样产生臭氧而需要通风设备，不需使用特殊的印版、橡皮布和胶辊。

不过，红外线干燥不象紫外线那样急速固化，墨膜耐摩擦性和抗化学性也不如紫外线油墨好。另外，红外线干燥需有某种形式的纸堆散热罩，如印卷筒纸，滚筒需有冷却装置以防过热。

2.微波干燥。微波干燥也是加热使油墨干燥的方式。在微波电磁场的作用下，被加热的介质分子变成带正负电荷的极化子，这些极化子随电磁场的变化而振动，温度也随之升高。油墨干燥所采用的频率为2450MHz和915MHz的电磁波，只适用于有极性基的油墨（如水基油墨等）的干燥。

用微波加热干燥的速度很快，每分钟可干燥250m纸带。与热空气、红外线和煤气干燥的方式相比，微波加热也能产生极高的温度使溶剂挥发，但不会使纸张中绝大部分水分也除去，造成纸张收缩的现象，因此微波加热不必使用价格较高的含水量高的纸张，而且特别适用水基油墨的干燥，解决了水基油墨干燥慢的特点。微波加热的穿透力强，能使被加热物的温度表里一致，避免龟裂现象。微波加热所需时间短，加热过程热损耗大为减少，从而提高热能利用率。另外，微波干燥操作简单，不产生有害物质，但是，微波本身对人体有影响，需有防护措施。

3.脉冲辐射干燥。脉冲辐射干燥是利用电火花快速冲击印刷面上的油墨膜，使其表面发生聚合反应，引起连锁反应直至聚合完成的干燥方法。辐射对印刷物产生一定的热量，但这些热量不是与油墨聚合无关的。

脉冲辐射干燥采用特殊型号的放电管放电，放电管的寿命一般为1000小时，反射装置要求不高，印刷机上安装放电管的数量与油墨层厚度以及印刷速度有关。干燥过程中，承印物材料的温

度比室温高40℃，因此不需要冷却装置。其价格与其它干燥装置略同，但能耗却大为减少。

脉冲辐射干燥可用于对紫外线干燥型油墨进行干燥，其施加于墨膜上的能量比紫外线干燥方法集中。能避免紫外线干燥的缺陷，但脉冲辐射干燥在氧化阶段产生的臭氧需想法排除。

第五节　油墨的分类及性能

可用于制作油墨的原材料有数千种之多，油墨业可根据需要选择适合某一特殊性质的材料来配制油墨，因此配制出的油墨也具有各不相同的物理和化学性质。为便于辨识各种油墨的质量，人们习惯将各种油墨分门别类，使用于各种不同的场合。

按照传统的习惯，油墨是按照印版的特点来划分的，如凸版印刷油墨、平版印刷油墨、凹版印刷油墨、丝网印刷油墨等。凸印油墨涂敷在凸出的版面上，印刷时不得铺挤出印版图文轮廓以外的地方。平印油墨靠油水相斥原理涂敷在与非图文区域处在同一平面的图文区域上，要求油墨具有抗水性。凹印油墨印刷后，非图文的高出表面上的油墨能被刮去，而在凹下的图文区域中则不被除去，以保证印出图文清晰、富有层次的特点。丝网印刷油墨则应顺利地从丝网的网目中通过。

随着印刷工艺的不断改进，原来的称呼已不能明确概括出各类油墨的特性了。例如，过去凹印油墨一般指很稠的雕刻凹版油墨，版纹深浅相差可达100μm。非图文区域的油墨用布擦拭，油墨靠氧化结膜来干燥，成膜后坚韧耐磨。而现在的照相凹印却采用溶剂型油墨，非图文区域的油墨靠刮墨刀刮去，墨层很平，这种油墨很稀。为了区分这两种油墨，还应分别称为雕刻凹版油墨和照相凹版油墨。又如平印油墨过去是用干性油配制的，靠氧化结膜干燥，现在油墨的连结料采用树脂和溶剂，提高了干燥速度，有些树脂连结料干燥后又有良好的光泽，因此又有快固着油墨、亮光型树脂油墨及快固着亮光油墨等种类。而凸版印刷油墨

却又习惯于按版材不同、用途不同而再分为多种，如用于铜锌版和橡皮版的油墨就有所不同；用于报刊印刷和书籍印刷的也不相同；用于凸版印刷纸的和用于新闻纸的油墨也不相同，用于凸版印刷纸印刷的油墨以氧化干燥型为主，用于新闻纸的以渗透干燥为主。

同样，油墨可以承印物的不同划分，如纸张印刷用油墨、印铁油墨、塑料薄膜印刷用油墨、玻璃印刷油墨等等。油墨可按干燥形式分类，如氧化干燥型、热固着油墨、冷固着油墨、湿固着油墨、红外线干燥油墨、紫外线干燥油墨、微波干燥油墨、电子束干燥油墨等等。油墨还可按颜料特征来划分，如磁性油墨、荧光油墨、导电墨等。另外，其它一些行业用的油墨，如誊写油墨、圆珠笔墨、复印油墨等等，也各因用途不同而有各种类别。

油墨的分类多种多样，各有各的好处，也没有必要进行统一。我们只对一些比较典型的油墨的性能加以简单的介绍。

一、凸版印刷油墨

1.轮转油墨：轮转油墨是轮转型印刷机所使用的油墨。多用来印刷书籍、报纸和杂志等发行量大、印刷周期短的印件。

轮转油墨是典型的渗透干燥型油墨，几乎完全依靠纸张对油墨的吸收，也可以说油墨连结料渗透到纸张纤维中去来达到干燥的目的。因此油墨的连结料主要采用不干性的矿物油。矿物油有高粘度和低粘度两种，其添加量是根据油墨的用途来确定的，通过调节高粘度矿物油（如粘度为1000厘泊的矿物油）和低粘度矿物油（如100厘泊矿物油）的比例，使油墨获得适应于特定印刷速度所需的粘度，并具有一定的吸收干燥速度，防止印品蹭脏。

油墨的粘度与印刷机的速度有很大的关系，一般高速印刷机采用粘度小的油墨(如500厘泊左右)，低速印刷机使用粘度比较高的油墨(约在2000厘泊左右)。选定油墨粘度时，还要考虑纸张、气温等因素，如纸张表面强度低，印刷时易发生拉毛、掉粉的现

象时，就应降低油墨的粘度，否则就易产生掉毛或糊版等毛病。

轮转油墨多为黑色。油墨所采用的颜料是炭黑，一般采用价格比较低廉但颜色浓黑的级别。由于炭黑的黑度不总是那么纯，总是略带些偏棕的颜色，往往要在油墨中加入一定的补色剂，如油溶蓝、油溶紫及铁蓝等，这些染料溶解在可与油墨连结料相容的脂肪酸中，加入油墨中起校色作用。但这些染料会使输墨系统的墨辊染上颜色，而在换色操作中不易除去，不过，由于书报印刷一般都不调换颜色，在这种连续进行黑色印刷的印刷机上这个缺点就显得无关紧要。

轮转油墨中还有一些添加剂，如用以改善油墨流动性的沥青，不过油墨加入大量沥青之后，油墨会具有很大的触变性，在触变性消失后才呈现出流动性，而轮转油墨具有的流动性应是油墨本身的流动性，也就是说油墨放在容器中的时间不管多长，倾倒时就应有很好的流动性。而触变性大的油墨就倒不出来。考虑到油墨流动性时，还应考虑到油墨连结料给流动性带来的影响，炭黑含量少，油墨连结料多的油墨流动性好，但如加入一些煤油时就会使流动性变差。

轮转油墨的配方很多，表6-7通过一些主要原料之间的比例关系，说明了油墨的配方是怎样受印刷机速度的影响的。

表6-7　　油墨的配方与印刷机速度的关系

	高　速	中　速	低　速
炭　黑	9	12	15
华　蓝	3	4	5
油溶蓝	2	2	3
沥青油	10	12	14
4号调墨油	5	8	12
机械油	16	12	8
松香油	55	50	43

2.铅印油墨：铅印油墨主要用来印刷书籍，所以也称书刊油墨。这种油墨大多在凸版印刷纸或新闻纸上印刷，由于这类纸张有较粗糙的表面和较好的吸油性等特点，铅印油墨主要采用渗透干燥型的油墨连结料。少数高质量的油墨用于印刷高级书籍、零件及商标，纸张采用吸油性较差的涂料纸，油墨采用氧化干燥型油墨连结料。这是两个极端的情况，可以这么说，铅印油墨有渗透干燥型、氧化结膜干燥型，以及两者兼有的等几种型式。但以渗透干燥型为主要干燥型式。

铅印油墨的连结料也比较复杂，有植物油、矿物油、松香及沥青等。较高级的油墨采用干性油和长油度的醇酸树脂，为保证油墨干燥，还加有一定的燥油。这些连结料的选择必须使油墨的流动性和粘度等适合印刷机的操作特性。如油墨必须有较好的流动性，以保证墨斗辊旋转时，在墨斗中油墨能自行搅动，保证出墨量均匀。油墨的粘度视机器的转速而定，一般不超过5000厘泊。油墨要有一定的触变性，应比胶印油墨略稠些。

铅印油墨多为黑色，原料也为炭黑，占油墨含量的15～20%，这么高的含量是为了在白纸上获得强烈的黑色。不过，人们对黑色的视觉较敏锐，因此炭黑含量一般均不高于20%，这样可降低油墨的成本。当然高档铅印油墨的炭黑含量可高一些。由于炭黑的黑度并不纯，单纯增加炭黑的数量并不能提高油墨的黑度，而往往加些普蓝、油溶蓝等来校色，高级油墨不加油溶蓝，因染料容易使油墨水化，而且油溶蓝的渗透性太强，多加后容易发生透印现象。

为了润湿炭黑，使之更好地分散在油墨中，可采用沥青油作为油墨的添加剂。另外加入少量高沸点的石油或轻矿物油，就能很好地控制油墨的粘度。在氧化干燥型的油墨中添加钴（或锰、铅）干燥剂，以加快氧化聚合反应进行。

下面介绍几种配方：

①普通的书版墨，以渗透干燥为主：

炭黑（油烟）　　11%

炭黑（气烟）	9 %
蓝基墨（45%色含量）	18%
油溶蓝（30%色含量）	3 %
3号调墨油	26%
沥青油（55%沥青）	13%
20号机械油	16%
凡士林黄	4 %

②用于一般书刊的油墨，干燥形式为氧化干燥与渗透干燥并存：

炭黑（炉法）	20%
蓝基墨	10%
沥青油（40%沥青，余为干性油）	40%
锭子油	16%
煤油（或凡士林）	7 %
钴燥油（含钴 3 %）	7 %

③以氧化结膜干燥为主的高档铅印油墨，用于印刷较高级的印刷品和书籍：

配方一：炭黑（气烟）	17%
铁蓝	8 %
石蜡	11%
合成树脂型调墨油	60%
钴燥油	4 %
配方二：炭黑（气烟）	17%
铁蓝	8 %
醇酸树脂（长油度）	60%
6号调墨油	13%
钴燥油	2 %

3.三色凸版油墨：三色凸版油墨是用来印刷彩色照相凸版印刷品的，除黑色之外，有品红、黄、青三种颜色，又称四色版油墨。由于彩色照相凸版多在铜版纸等涂料纸上进行印刷，俗称铜

版油墨。

三色版油墨的指标主要是三种颜色的纯度。从理论上说，理想的三色版油墨也具有与三原色色光相补的颜色，即品红油墨应吸收全部绿光而反射所有的蓝光和红光，黄墨应吸收全部蓝光而反射所有的红光和绿光。青墨应吸收全部红光而反射所有的蓝光和绿光。但实际上无法找到具有理想性能的颜料，而只能尽可能的相近，因此选择的颜料有联苯胺黄、洋红6B、酞菁蓝BGS和酞菁绿GNS拼用，还有其它一些颜料或染料也适于做三色版油墨。黑墨中也采用炭黑作为颜料。

不仅颜料不能符合理想油墨的要求，连结料干燥形成的膜层不管透射性能有多好，都会反射出一部分光线（约4%）来，承印物（如纸张）表面也不能100%反射出照射其上的光线，因此，三色版油墨的颜色只是相对标准一些而已。

三色版油墨印刷后，有一部分网点重叠，这也是印刷品显色的因素。如果油墨不透明，就会把前一次套色印上去的油墨覆盖掉，而不显出原稿原先的色彩。因此，油墨的透明性也就显得重要起来。过去，黄墨采用铬黄颜料作为油墨的色料，由于铬黄是透明性不好的矿物颜料，因此黄版在印刷的色序就只能摆在第一色印刷，由于黄版不容易分辨印出的颜色的深浅，这样就给后几色的套印带来问题。现在采用透明的联苯胺黄作为三色版油墨，给印刷带来很大的方便。

印刷色序是三色版使用时应考虑的问题之一。为了再现彩色原稿的颜色，必须注意使三色油墨印刷时着墨量达到平衡，也就是说用三种油墨通过三块版复制原稿上黑色部分之后，还应还原出黑色来，称灰色平衡。为达到平衡，印刷时安排印刷色序是很关键的问题，一般先印强调该原稿色调的油墨，或是先印深色、暗色的油墨，用黄墨作为最后一色印刷，容易调整整体的彩色平衡。这样印刷的印品，容易复制复色部分的颜色，墨膜的平匀、光泽性能也好，反面粘脏的情况也少。

为了保证色彩鲜艳、网点清晰，一般这种套印印品的墨膜都

较薄，这就要求油墨的颜料浓度高一些。

三色版油墨为氧化结膜干燥型油墨，一般采用改性酚醛树脂、醇酸树脂作为油墨连结料，要求油墨的流变性适中、粘度不宜过大、触变性略高、流动性较好。为了加快油墨的干燥性能，在油墨中都加入一些干燥剂，主要是锰、铅的糊状干燥剂。在最后一色印刷时，也可略加一些钴干燥剂（红燥油），其它色均不要加。

三色版油墨的溶剂采用煤油（石油在250～280℃的一段馏分）。调墨油可采用石蜡类的调墨油。

这里举一组三色版油墨为例：

①透明黄墨：

联苯胺黄	12%
氢氧化铝	15%
树脂连结料	66%
锭子油	5%
白燥油	2%

②品红墨：

立索尔罗平红4B	10%
色淀桃红	5%
氢氧化铝	12%
树脂连结料	62%
锭子油	8%
白燥油	3%

③青墨（俗称蓝墨）：

酞菁蓝BGS	8.5%
酞菁绿GNS	2.5%
氢氧化铝	17%
树脂连结料	62%
锭子油	5%
白燥油	5%

4.柔性版印刷油墨：柔性版印刷是用人工雕刻或压制成型的橡胶版，对图文质量要求不是很高的包装品进行印刷。印刷可在纸张(如瓦楞纸)等吸收性材料，以及塑料薄膜等非吸收性材料上进行，因此分别采用水性或醇性的油墨(用于吸收性材料)、以及溶剂性的油墨（用于非吸收性材料）。由于橡胶在某些溶剂作用下会产生膨胀的现象，柔性版印刷油墨的关键就是选择溶剂。现在把橡胶与油墨溶剂的关系列于表6-8中。

表6-8　　橡胶耐溶剂性

溶　剂	天然橡胶	异丁橡胶	丁腈橡胶
醇　类	可	可	可
醚　类	不	可	不
酮　类	不	可	不
芳香族烃	不	不	不
脂肪族烃	不	可	可
硝基丙烷	可	可	不
水	可	可	可

油墨的溶剂应从印版材料考虑，水和醇类溶剂比较合适。为了使树脂连结料溶解稳定，有时还添加一些酯类或脂肪族烃类的溶剂。

油墨中还加了一些辅助剂，如用于改善墨膜的耐摩擦性的石蜡，用于消除使用中产生的气泡的消泡剂（如硅去泡剂、醇、松香油、表面活性剂等），用于提高墨膜的耐磨性和塑性的增塑剂，以及防氧化剂、防静电剂等。

柔性版油墨要求粘度低、干燥快、流动性好、触变性小，否则印刷时会产生各种弊病。

①水性柔性版油墨。水性油墨指用水、醇、溶纤剂作为溶剂的柔性版油墨，用于纸张印刷，如印刷笔记本等书写用纸、水泥包装袋、瓦楞纸纸箱等，要求有相适应的各种水性油墨，这一类油墨种类繁多，根据印刷品用途的不同各具一定的性能。

早期的水性油墨只将染料溶于水而制成，为了改善油墨的传

递性能和染料的胶着性，在水中溶进淀粉、鱼胶等水溶性高分子化合物质，尽管如此，油墨耐水性还是较弱，不能防止染料析出，使用不溶于水的虫胶、酪朊、硼砂和氨水等，制成水溶性的油墨连结料，使油墨的耐水性有很大的提高，特别是虫胶能固结碱性染料，干燥后又能形成强韧且耐水性强的墨膜。以碱作用于酸性物质使其形成水溶性物质是水性油墨的基础。油墨的配方大致如下：

色料	12—40%
树脂	20—28%
水和醇类溶剂	33—50%
碱性物质	4—6%
辅助剂	3—4%

由于连结料是碱性的，要求色料有一定的耐碱性，这些颜料或染料有：坚牢红、立索尔红、双偶氮黄、汉沙黄、花青蓝、坚牢紫、炭黑等等。其在油墨中所占的比例视着色力而定，有机颜料的着色力强，比重又轻，所占比例就可小些，而无机颜料（如二氧化钛）就占得大些。

连结料采用酪朊、虫胶、丙烯酸、苯乙烯改性丙烯酸等，因为这些连结料没有一种可具备分散颜料性能好、粘度稳定、传递性能强、干燥快、耐光、耐水、耐摩擦性等各项性能，水性油墨一般采用两种以上进行混用。

水性油墨的溶剂主要是水，为了改善树脂溶解、颜料分散、油墨渗透性、抑制发泡的情况，加入一定的醇类（如异丙醇、乙醇等），以及溶纤剂、乙二醇等加速干燥的溶剂。

配方中的碱性物质是使树脂溶于水的，多采用氨水。氨水价廉，油墨干燥后能形成耐水性好的膜层，但气味较大，常用其它一些有机碱与氨水并用。

水性油墨是一种皂组合物，使用后容易产生气泡，为减少气泡的产生可使用去泡剂。

水性油墨的干燥为渗透干燥。

根据印刷品不同，油墨中的配比也有差异。用于印刷笔记本一类书写用纸的油墨，添加了树脂以提高耐水性能，粘度较低；用于印刷包装水泥等物品的牛皮纸包装袋的油墨，为了减少沾脏，要有较好的干燥性能，油墨的粘度也要稳定，为了使印刷机上干了的油墨可再溶解下来，油墨的连结料多采用松香改性马来酸树脂和苯乙烯改性马来酸树脂；用于在瓦楞纸上印刷的油墨对干燥速度要求很高，由于印刷速度快，油墨容易起泡，应大量使用去泡剂；另外由于纸箱的用途所限，油墨应具有色调鲜明、耐光、耐摩擦、耐水等性能，多采用丙烯酸类树脂做为连结料。

②醇性柔性版油墨。醇性油墨主要用于印刷吸收性材料，这是将醇溶性树脂溶于醇系溶剂，再加上酯类溶剂和溶纤剂与色料混合而成的油墨。其配比举一例如下：

醇性柔性版油墨红：

永久红	13.0%
改性马来酸树脂	14.0%
硝化棉	6.0%
聚乙烯蜡	2.5%
醇系溶剂	58.0%
酯系溶剂	6.5%

醇性油墨使用的颜料与普通的油墨差不多，使用的染料为碱性染料和醇溶性染料两种，醇溶性染料的耐水性、耐光性、耐化学药品性能较好，但颜色的鲜艳度和饱和度不如碱性染料，价格也较高，因此一般使用碱性染料，但碱性染料用于食品包装用油墨时，须经过检验方可使用。

醇性油墨所用的连结料，是将醇溶性树脂溶解于醇系溶剂而成的，醇溶性树脂有改性马来酸树脂、硝化棉、虫胶等，各有优点，改性马来酸树脂制作的油墨有较好的传递性能和光泽度，硝化棉可耐热，与虫胶混用，则油墨耐油性较好。醇系溶剂为甲醇、乙丙醇等，再加一些酯系溶剂（如醋酸乙酯、醋酸丙酯）和溶纤剂以提高树脂的溶解性，改善印刷适性。不同的溶剂其挥发

速度也不同，经过组合，可以使油墨的干燥速度适应印刷的要求。表6-9中所列的为溶剂的干燥速度（以水的干燥速度为1）：

表6-9　　溶剂的干燥速度

类别	溶剂	干燥速度
醇系	甲醇	5.75
	乙醇	4.40
	异丙醇	4.00
	正丙醇	2.39
酯系	醋酸乙酯	10.86
	醋酸丙酯	9.50
烃系	乙烷	24.72
乙二醇、醚系	溶纤剂	1.06

为改善油墨的耐摩擦性，需增加适量的增塑剂。

③溶剂性柔性版油墨。溶剂性油墨主要用于印刷非吸收性材料，如塑料薄膜、玻璃纸、金属箔片等。油墨印刷到承印物表面之后，靠油墨中的溶剂挥发而干燥，印刷后，墨膜内部还存有少量的溶剂，如果印刷品叠在一起，这些溶剂有可能重新溶解已干燥的墨膜，使印刷品反面粘脏。为使印刷时干燥彻底，最好在印刷机上附加干燥设备。

油墨配比举蓝色油墨一例如下：

花青蓝	13.5%
聚酰胺树脂	21.0%
硝化棉	1.0%
添加剂	8.0%
聚乙烯蜡	3.0%
醇系溶剂	37.5%
酯系溶剂	1.0%
烃系溶剂	15.0%

溶剂性油墨通常只使用稳定的颜料，因为染料、色淀颜料、

溶性偶氮颜料会溶解于塑料薄膜承印物中的添加剂等物质，而使色料转移到薄膜的背面，或薄膜袋内包装的物品上。

溶剂油墨的连结料可采用硝化棉、纤维素系树脂、丙烯酸树脂、聚酰胺树脂，以及虫胶一类的天然树脂。通常选用两种以上的树脂混用，以提高油墨与承印物间的粘结力。以及各种耐抗性能。为使树脂能很好地溶解，油墨中除采用不影响橡皮版的乙醇作溶剂外，还加入一些芳香族烃或脂肪族烃，以及酯类溶剂。另外还加入一些石蜡、增塑剂、防静电剂等辅助剂。

溶剂性油墨与塑料薄膜的粘结力并不好，印刷前，塑料薄膜表面一般需经电火花处理，使塑料薄膜表面带有极性，可改善油墨对塑料薄膜的吸附程度。

二、平版印刷油墨

平版印刷油墨与凸版印刷油墨在组成上非常相似。但由于平版印刷工艺与凸版印刷的不同，也相应要求平版印刷油墨具有一些特殊的性能。例如，平版印刷是基于水墨相斥的原理发展起来的，因此平版印刷油墨在印刷中就会与水频繁地接触，因此油墨也需具有较强的抗水性，防止油墨乳化，油墨中的颜料必须是抗水性很强的颜料，否则在印刷过程中颜料就会在机械摩擦的作用下脱离连结料，溶于润版药水中，使水斗药水染色，导致非图文区域也着上有色的水，影响印刷品的质量。而这在凸版印刷油墨中就无需考虑。

又如平版印刷的油墨一般都经过橡皮滚筒转印，印刷到纸张上的油墨膜层都比较薄，因此要求油墨中颜料的比例要高一些，颜料的着色力也要强一些。这些例子说明平版印刷油墨的配方设计、原材料选择都必须具有平版印刷的特点、适应平印工艺的需要。

平版印刷油墨的色料，要求抗水性强，即不溶于水和溶剂，这一特点只有颜料才能满足，因此平版印刷油墨在一般情况下不使用染料。其所采用的颜料，要求色相能满足标准色样，着色力

要强；对颜料的耐晒性、耐酸碱性、耐化学溶剂等特性要求也很严格，否则印刷出的印品很容易发生褪色、变色等现象；对颜料的分散性也有要求，因分散性差的颜料制成的油墨的流动性也差，着色力也不佳。

平版印刷油墨对连结料的要求也很严，连结料性能不好的会使油墨抗水性下降，产生乳化现象。连结料性质的好坏还关系到干燥的性能，另外连结料的颜色、粘度、pH值等都对油墨的性质产生很大的影响。过去用作平版印刷油墨的连结料是亚麻仁油，现已被树脂所取代，如松香改性酚醛树脂、醇酸树脂和聚氨酯醇酸树脂，并常与石油树脂、油类和其他改性剂并用。

平印油墨广泛采用醇酸树脂的原因在于其分子量低、粘度也低，在烷烃油墨溶剂中有良好的溶解性、氧化结膜后的耐抗性也很好。不过醇酸树脂油墨的干燥速度还不够快，往往需在印刷机的收纸部分加上喷粉装置以防印件表面蹭脏。为了改善油墨的干燥性，不得不添加金属干燥剂（燥油）以加快油墨干燥。但这又会引起树脂氧化不稳定，如油墨结皮等，给操作带来麻烦，印刷质量也受影响。

为改善油墨连结料的干燥特性，现正尝试采用其它类型的树脂，如丙烯酸类、醋酸或丁酸纤维素、乙烯、硝酸纤维、氯化橡胶和环氧树脂等作为连结料。但这些连结料需要强溶剂才能溶解，这样便会侵蚀印版，或因分子量高而引起飞墨或拉丝。

平版印刷油墨的粘度是一个主要的指标，粘度过高或过低都会使油墨得不到好的印刷适性。粘度高的易使油墨胶化，在墨辊之间传递不良，粘度低的油墨易乳化、干燥性能也不好，印品容易蹭脏、网点变粗，并发生油墨粉化现象，因此要求平版印刷油墨要选用恰当的连结料，其粘度约在4000～8000厘泊(20℃)间为佳。

由于采用的是树脂连结料，油墨的干燥形式以氧化聚合为主。

根据印刷方法和承印物的种类不同，平版印刷油墨还可进一

步细分。如按印刷工艺分可有石印油墨、胶印油墨、珂罗版油墨等，按承印物种类分，可有单张纸、卷筒纸、印铁油墨等。

1.单张纸平版印刷油墨：这类油墨是供单张纸胶印机印刷用的。由于胶印机的发展，多色机的数量增加很快，在多色机上印刷时，为防止套色时串色，需要有干燥很快的油墨，因此快固着油墨应运而生。快固着油墨的特点是含有高比例的溶剂（15～25%），通常是高沸点煤油，它在油墨中起减粘作用，当油墨转印到纸张上之后，这一部分溶剂很快在毛细管的作用下渗入纸张纤维中，从而加快了油墨干燥的速度。由于油墨中溶剂含量过高，对胶辊和橡皮布等橡胶配件有一定的破坏作用，从而影响印刷品的质量。这种快固着油墨的干燥最终也是依靠氧化结膜干燥形式进行的，因此油墨中也需加入少量的铅或钴干燥剂。

平版印刷油墨多是用来印刷彩色图片，由于人们喜好光泽度高的画片，高级印刷品都采用有光泽的纸张和油墨进行印刷。最近发展起来的亮光型油墨干燥快且有极好的光泽，是很引人注目的产品。油墨的光泽主要是靠连结料干燥后结膜而产生的，为了提高油墨的光泽，亮光型油墨中树脂和干性油等连结料的比例较大，溶剂的比例较小。树脂的类型很多，低软化点的树脂的光泽度较好，而且其流平性也较好，如醇酸树脂就是亮光型油墨常用的连结料。另外，如果用30～35%的桐油代替松香生产的改性酚醛树脂，其光泽度也比较高，再加入一定量的亚麻油来改变油长，效果会更理想。

亮光型油墨对颜料也提出了要求，为使油墨连结料所占的比例能得以提高，颜料的着色力应尽可能大一些，分散性和不絮凝性也应好一些。颜料本身的光泽对印品的光泽也起很大作用，但要求颜料没有金属光泽，透明性也要尽可能好一些。

2.卷筒纸胶印用油墨：这是在卷筒纸上进行印刷的油墨。由于卷筒纸的印刷速度很快，因此对油墨的最大的要求就是干燥性。为适应这么高的印刷速度，这种快干油墨是靠纸张渗透来干燥的，油墨的组成大多都与单张纸胶印油墨相同，但树脂添加量

应略少一些，溶剂略多一些。通常不使用干燥剂，其它辅助剂应不加或少加，这也是由卷筒纸印刷速度快、印量大所决定的。为了在高速度的印刷时防止纸张起毛，应该降低油墨的粘度值，以改善油墨转移的性能。

印刷速度高，对油墨提出了很高的要求。为了增加选择油墨的余地，经常在卷筒纸胶印机印刷装置的后半部增加干燥装置，为适应这种生产条件的油墨有热固型油墨，这种油墨在干燥装置中加热，油墨中的溶剂挥发使墨膜得以迅速干燥，所以热固型油墨中的干性油（如亚麻仁油）的含量较少，而石油系溶剂的含量较多。因为这些溶剂是在干燥装置中挥发的，所以应选用沸点较低的溶剂。其它成分和单张纸胶印油墨略同，但不采用干燥剂。

由于加入挥发性溶剂（如芳香族和石蜡类碳氢化合物），环境污染问题也就提到日程上来了。高达25～30%的溶剂，其中有一半是挥发掉的，这就要求干燥装置有良好的处理废气的性能。废气的处理问题促使人们考虑油墨的无溶剂化，如冷凝干燥型、紫外线干燥型油墨都是新型的无溶剂油墨，目前国内应用较少，我们只在油墨干燥方法一节中谈了它的一些原理。

3.印铁油墨：目前在铁皮上印刷的方法多为平版胶印方法，因此把印铁油墨归纳于平版印刷油墨。

印铁油墨是在铁皮或其它金属薄板上印刷用的。印刷后的铁皮制成食品罐、杂品罐、玩具、软管等包装用品。根据其用途不同（如制成罐后常要进行高温处理）要求也各不同，有的要求油墨具有耐高温的性能，有的要求符合食品卫生或是具有其它根据用途而定的要求。不过，印铁油墨主要是要适应印铁制罐的要求，最重要的是连结料的性能。由于铁皮印刷与纸张印刷不同，印上的油墨完全不渗透，油墨的干燥主要靠加热，所以现在油墨制造采用热固性合成树脂代替亚麻仁油做连结料。当对印上的墨膜加热时，合成树脂固化形成牢固的膜层。为了提高印刷表面墨膜强度，使用时油墨中可加入一定的坚膜剂。以经受后续的各种加工处理。

印铁油墨印到铁皮上之后，常要罩一层亮光油，因此需有良好的耐亮光油性能，否则在涂布亮光油的时候，印铁油墨就会溶解到亮光油中而产生废品。亮光油一般采用芳香族烃、酯、酮等作为溶剂，因此油墨必须不溶于这些溶剂。

铁皮印刷之后，要进行弯曲、敲打等各式加工，以制成各种容器，如果铁皮与油墨和亮光油间没有很好的粘结力，就不能保证加工时油墨层不受损坏，为此要选用特制的合成树脂。

制成的铁皮容器，如罐头罐、饮料罐等，常常要在长时间的高温、高压水蒸气作用下进行灭菌处理，而后急骤降到常温、常压，要求印铁油墨必须在这种条件下不产生印刷图文褪色、油墨膜层与金属表面剥离等现象。

印铁油墨中有一类是低毒印铁油墨，低毒印铁油墨是专门用于印刷铁皮玩具的，为了保护儿童的健康，国际市场对印铁玩具的安全卫生订了一些标准，特别要求印铁玩具表面的各种涂料含的有害金属量不应超过一些数值：如以干漆膜重量计，铅不应超过0.25%、锑0.025%、砷0.01%、钡0.05%、镉0.01%、铬0.025%、汞0.01%等。为此就必须在使用油墨时对油墨的含有害金属量有一定的了解。目前，我国生产的低毒印铁油墨都能符合这一要求。

制品的用途要求铁皮耐晒、耐摩擦等，所有这些，对印铁油墨提出了较高的要求，油墨的配方如下：

	印铁白墨	印铁色墨
颜料	50～60%	20～30%
树脂连结料	47.5～36%	76～63%
溶剂	2～3%	3～5%
辅助剂（催干剂等）	0.5～1%	1～2%

与用于纸张的平版印刷油墨相比，溶剂的比例较小，颜料也应选择耐热、耐溶剂性好的。

三、凹版印刷油墨

凹版印刷油墨大多是挥发性溶剂型油墨，由颜料、固体树脂、挥发性溶剂、填充料和附加剂组成，不含植物油。由于这种油墨所采用的连结料是低沸点的有机溶剂，在加热干燥装置的作用下，能够迅速挥发干燥，因此，可以用来印刷非吸收性材料（如塑料薄膜、玻璃纸、金属箔等），印刷速度也可大大提高。

凹版印刷方法是印版直接与承印材料接触，上墨时也不必采用匀墨装置，这种印刷方法不采用胶辊，因此，油墨中的溶剂类型选择则大为放宽，可以自由地选择能与承印材料很好地接触的树脂和溶剂。

凹版印刷油墨因为含有大量的有机溶剂，而且粘度很低，在制作时一般是用球磨机或砂磨机制作的（参见“油墨制造”一节），以减少溶剂的挥发。

凹版油墨过去是用在雕刻凹版印刷上的，后来发展了照相凹版，因此就有了性质大相径庭的照相凹版油墨。由于凹版印刷方法的优点，不仅出版行业使用凹版印刷，包装装潢、工业材料印刷等采用凹版印刷的也越来越普遍了。因此凹印油墨的型号有了较大的增加，用来对各种纸张(纸张、卡纸、纸板)、金属箔（铝箔）、塑料（聚乙烯、聚丙烯、聚酯、尼龙、聚苯乙烯等）和玻璃纸、建筑装饰板进行印刷。材料不同，油墨的配方也各不相同，对油墨的要求也不同，有的要求有一定的耐摩擦性，以保证书刊装订的需要；有的要求有耐溶剂和耐粘结剂性，以保证塑料覆膜的需要；有的要求要能适应涂蜡加工；有的要能耐热，保证热封缄时不变色；包装食物的要在高温杀菌过程中不出现褪色或脱落，以及适应其它一些后加工的工序的需要。

不同的印刷方法和干燥方法也要求油墨具有各种性能，如流动性不同以适应墨泵循环供墨或浸泡给墨，或橡皮滚筒传墨形式的需要。其组成成分也要适应热风干燥、冷风干燥、红外线干燥等的要求。

凹版印刷油墨的种类很多，可分为出版印刷用的、包装装潢用的。凹印印刷用的油墨主要是用印刷方法来分类的，现分述如下：

1.照相凹版油墨：照相凹版油墨属于挥发干燥型油墨。一般有如下几种成份：

色料	8～35%
树脂	15～30%
溶剂	40～70%
添加剂	0～10%

照相凹版油墨选用的颜料要求着色力强；吸油量低；质地柔软（否则易损伤印版滚筒）；与使用的树脂连结料不起化学反应；分散性好，展色时要显示良好的流动性和湿润性，不发生沉淀现象；不使溶剂和被印刷体中含有的添加剂产生析出现像，展色时不变色或褪色；耐光性和其它性能要好。凹版油墨选用的色料要易分散于连结料中，要有鲜明的颜色；好的耐抗性；不因连结料的作用而变色或褪色；不发生升华现象，印刷后不会在印刷品表面析出。

照相凹版油墨采用的树脂应与承印物表面有良好的粘结力；要有较好的耐酸碱、耐化学药品的性能；熔点要较高；结膜后表面硬度要高，膜层要柔软；应尽可能采用透明的树脂，颜色要浅；溶剂的稀释率要高，干燥后的膜层应容易重新溶解于油墨采用的溶剂中；与其它树脂、溶剂以及添加剂有较广的相溶性；无不良气味及其它性能。可用的树脂有这么一些：可溶于脂肪族烃的天然树脂（如石灰松香、松脂酸锌钙、沥青等）、纤维素族（如乙基纤维素、硝酸纤维素等）、氯化橡胶、醇溶性树脂（如漆片等）等。

照相凹版油墨采用的溶剂应对树脂连结料具备很强的溶解力；有适当的挥发性；无毒及无不良气味；混合溶剂最好要比稀释液本身的挥发速度慢一些；能适当溶解塑料薄膜。按溶剂不同可把照相凹版油墨分为三种，一种是以芳香族烃类溶剂（如甲苯、二

甲苯等）作为连结料的；一种是以脂肪族烃类（如汽油）为连结料的，印刷时也可以加少量苯类溶剂作助溶剂。由于这两种类型的油墨溶剂易燃，其蒸气对人体也有害，为了保护环境，正努力研究不采用有机溶剂的油墨，因此产生了第三种类型的油墨，即以水及少量醇类为溶剂的油墨，其没有挥发性溶剂污染大气，也不用易燃的苯类溶剂或汽油，因此稳定性比较好，是有发展前途的油墨。这三类油墨主要用于纸张印刷。

照相凹版印刷的材料很多，有各种纸张、玻璃纸、聚乙烯薄膜、聚氯乙烯薄膜、聚丙烯薄膜、尼龙薄膜、苯乙烯薄膜、铝箔、各种真空蒸镀膜类、泡沫塑料及其它材料，因此要有相应的油墨进行印刷。

如果承印物为纸张类，印刷油墨的连结料有一部分被纸张吸收，色料和纸张的连结力比较好，一般没有很大的问题，可以采用天然树脂、合成树脂中绝大部分品种。如果承印物为非吸收性材料，如塑料、塑料薄膜和铝箔等，油墨与承印物表面的粘结力就是个很大的问题，油墨连结料的选择也就至关重要。连结料选用方法请参见本章有关部分。

照相凹版油墨除水性墨外，都含有闪燃点很低的有机溶剂，使用时和保管时，应注意防火及配备消防器材。另外，照相凹版油墨中的溶剂是以挥发形式排放到大气中去的，因此，一般要求凹印车间要设置溶剂回收装置，不要让溶剂排放到大气中去，危害人们的健康。

照相凹版油墨在印刷时容易发生沾脏现象，具体地说还可以分成印刷后到后工序前的沾脏现象，后工序（如制袋）到包装前发生的沾脏现象，包装后发生的沾脏现象等几种。发生沾脏现象与温度、湿度、压力和时间等几个因素有关，印刷后到后工序开始之前发生的沾脏现象与油墨中残余溶剂和加压有关，在后工序到包装前发生的沾脏现象多与加压和高温高湿等环境因素有关，而包装后发生的沾脏现象则与包装物的成分有关。

照相凹版油墨的干燥机理，在纸张上是渗透干燥，但在非吸

收性印刷表面上是靠溶剂的对流蒸发和扩散蒸发来完成干燥过程的。油墨印到承印物表面之后，油墨墨膜的溶剂在瞬时挥发使油墨表面干燥，但这一表面膜层下的油墨含的溶剂，扩散并渗透到表面膜层，再产生对流蒸发，以完成全部干燥过程。印刷的塑料薄膜一般都卷成卷，从印刷到卷成卷这一段几秒钟的时间里，薄膜上的墨层只达到用手触摸不沾手的程度，但还残存一些溶剂，致使印品卷取后发生沾脏。为了减少这些残余的溶剂，印刷机上往往要加干燥装置，对油墨加热以强制干燥，但油墨色相不同，吸热性质也不同，残余的溶剂量也不同。油墨中溶剂含量大的，挥发也受影响，残余溶剂量也增加。使用含杂质较多的溶剂做廉价油墨时，高沸点溶剂也增加，残余溶剂量也增加。此外，沾脏现象还因薄膜中所含的添加剂对油墨产生影响，延缓干燥而发生。进行双面印刷时，由于残余溶剂的作用，印刷品在加压的情况下发生沾脏。薄膜印刷后卷取时，被牵伸的薄膜冷却后收缩而使卷内部的压力增大而发生沾脏也应引起注意。另外，湿度对油墨的干燥有影响，湿度增加一倍，油墨干燥速度就要迟缓近两倍。随温度上升，墨膜表面软化，膜下的添加剂也活跃起来，因此高温也是造成沾脏的原因。油墨中的树脂连结料还会因某些包装物（如油、有升华性的有机药品等）的作用而软化，使印品发生沾脏现象。其它原因还有印刷油墨所含的可塑剂或可塑性塑料过多，印墨粘附性差，印刷的墨层过厚，油墨中含有使油墨表面膜层软化溶解的物质等。

防止沾脏现象的产生，可采用速干性溶剂或降低印刷速度；增强干燥装置的干燥能力；改用图文浅的版，减少印墨的厚度；改用其它承印物材料，或改用其它不产生沾脏的油墨。

印刷时照相凹版油墨易发生的另一问题是油墨流动性，这也与许多因素有关，如油墨用溶剂稀释过度，或油墨掺入大量水分，或油墨中含有吸油量较高的颜料及填料。具有触变性的油墨，如果只根据外表粘度来加溶剂，易发生稀释过度，这类油墨印刷时最好采用粘稠一些的油墨。采取加热干燥的方法调整油墨

中含水量，可以防油墨中水分混入过多。

2.雕刻凹版油墨：雕刻凹版印刷方法是在版面用刀刻出凹状的线痕，印刷时对整个印版施墨，然后擦拭去线条以外多余油墨，再压附到纸张上将油墨转移过去。这样，要求擦拭时既容易把空白部分拭去，又不把凹处的油墨擦掉。所以要求所使用的油墨硬，墨丝短，不带油腻性，同时还要有一定凝聚力和附着力，以保证油墨顺利转移。

雕刻凹版油墨采用颗粒较粗的无机颜料，可使擦拭容易、印品牢固度好并易于保存。如采用有机颜料，则不易擦净。另外，还需加一些硫酸钡、白垩、硫酸铅、碳酸钙等，以增加油墨之硬度。油墨的连结料可采用干性油（如亚麻仁油、合成干性油）、树脂、清漆等。

雕刻凹版油墨如用在高速机印刷机上，油墨粘度不宜过大，否则很难擦净。

四、丝网印刷油墨

丝网印刷是使用压力使油墨从丝网印版上的网孔中通过转移到印刷表面的印刷方法，可印刷各种材料。丝网印刷油墨的种类也很多，根据干燥种类分，也有挥发干燥型、氧化聚合型、渗透干燥型、二液反应型、紫外线干燥型等几种。根据承印物的种类不同，也有用于纸张、纺织品、塑料、金属，以及玻璃等不同承印物的各种油墨。

由于丝网印刷油墨是通过印版上细小的网孔转移到承印物表面上的，所以油墨必须具有很好的通过丝网的性能，即应具有流动性好、粘度低、在丝网上通过快，转印到吸收性印刷表面上之后渗透干燥快，在非吸收性印刷材料上印刷的附着性能好等性能。油墨还应具有好的遮盖性、叠印性、鲜艳的颜色、光泽度好等特点。而各种耐抗性能对丝网印刷油墨来说更加重要，因为丝网印刷品多是用于商业性质的，如广告、招贴等，如耐光性、耐摩擦等性能不好，就会给印刷品带来很多缺陷。

丝网印刷油墨一般按用途可分成：

1.纸张用油墨：有油性油墨和水性油墨两大类，不过油性油墨还占多数。纸张用油墨中，挥发干燥型占大部分，是以石油系、纤维素系、氯乙烯、聚酰胺、丙烯酸、环化树脂等作连结料的。需具有耐光性的油墨采用纤维素系和松香酯树脂为连结料。干燥方式根据溶剂的种类有自然干燥和加热干燥两类。

纸用油墨也不仅限于印刷纸张，同样，其它油墨也可以用于纸张印刷。有些设计要求印刷品有较厚的墨层，这时可选用金属印刷用油墨或选择氧化聚合型油墨。

现在的纸张种类很多，丝网印刷用的纸张多为涂覆有塑料的涂料纸或塑料壁纸等，这些纸张表面都是非吸收性材料，可看成与塑料相当的承印物材料。

2.纺织用油墨：为使纺织品能与色料很好结合，油墨应具有很好的耐洗涤性、耐揉性、耐伸缩性，油墨的色料大多是染料类，一般是将染料与丙烯系乳剂混合制成油墨进行印刷，如采用升华性染料的可用于升华印染。当然，也有用颜料作色料的。某些场合也可用纸张用及塑料用油墨进行印刷。

3.金属用丝网油墨：其承印材料有不锈钢、铁、铝等。除不锈钢外，大多数金属都先涂布有丙烯酸或三聚氰酰胺等物质，或经表面电镀后再进行印刷。因此，金属印刷也就分为两种形式，一种在涂布面上印刷，一种在金属上直接印刷。对油墨的要求主要是密附性、墨膜硬度、耐冲击性、耐溶剂性、耐化学药品性、耐油脂性、耐水性、耐洗涤性等。按干燥特性区分有：挥发干燥型，使用环化橡胶、苯酚树脂、丙烯酸树脂等作为油墨连结料，在墨膜硬度、耐溶剂性方面较好；氧化聚合型，使用醇酸树脂为连结料，添加一定的金属干燥剂，常温下数小时干燥，墨膜柔软，经加热可提高硬度；二液反应型，使用环氧树脂、尿素树脂、三聚氰酰胺树脂等作为油墨连结料，其粘着力、墨膜硬度和耐抗性较好，其中环氧树脂油墨较常见。

4.塑料用丝网油墨：这类油墨除用于聚乙烯、聚丙烯的外，

大多是挥发干燥型油墨，采用环化橡胶、聚酰胺、丙烯酸、氯乙烯等作为连结料。

聚乙烯和聚丙烯等材料，表面极性小，印刷时最伤脑筋的是油墨与塑料表面粘结的能力，一般都需经过电晕放电等前处理（参见“聚合物”一章）。其油墨的干燥形式有：挥发干燥型，可在未经处理的聚丙烯上印刷；氧化聚合型，使用醇酸树脂作油墨连结料，干燥时间比较长，如能加热可缩短干燥时间，其附着能力、耐溶剂性、墨膜强度等性质较差；二液反应型，使用环氧树脂、尿素和三聚氰酰胺树脂，添加硬化剂在80～100℃的条件下加热硬化，所需时间较短，环氧系油墨的硬化温度要高一些，硬化时间要长一些，但薄膜硬度和各种耐抗性较好。

5.陶瓷印花用油墨：油墨印刷到陶瓷或玻璃表面上之后，通过氧化或挥发而干燥，在450～1000℃的温度下烧炼，除掉油墨的连结料部分，而油墨的着色剂被氧化而显出颜色来。

6.印刷电路板用油墨：这种油墨是用于生产印刷线路板的，印刷后要进行腐蚀、电镀、电焊等加工。因此要求油墨或能耐酸碱等腐蚀，或能耐熔焊等操作，或具有导电性，有些油墨在加工后需除去，如电镀抗蚀墨等，有些则加工后不除去，如电焊抗蚀墨等。这些油墨还应具备图象再现性好、印刷适性好、油墨附着性能好、颜色与承印材料的颜色相差大用以发现印刷差错、能用有机溶剂或碱液去除、油墨中不应含有能溶解丝网的溶剂等性能。

①用于抗腐蚀的油墨。承印材料为铜、铝、不锈钢等金属，一般用三氯化铁、氯化铜、高硫酸铵、烧碱等进行腐蚀，因此油墨需抗这些药剂的腐蚀。在腐蚀进行完之后，油墨用1～3%的稀释碱液除去，或用三氯化乙烯等有机溶剂除去，因此也要求油墨有相应的溶解性能。

这种抗蚀油墨采用颜色与承印材料反差大的颜料，如炭黑、花青蓝、钛白等，这是显色用的，另外加入硫酸钡、碳酸钙、滑石粉等，以改善油墨的印刷适性及墨膜的性质。而油墨的连结料

用松香改性马来酸树脂或醇溶性酚醛树脂等，这些连结料可溶于稀碱液。为溶解这些树脂而选用丁基溶纤剂、丁基卡必醇、芳香族系高沸点溶剂。所选的溶剂应有适度的挥发速度，挥发过快的易造成针孔，挥发过慢则油墨干燥迟缓，耐酸性降低。另外，油墨中还加进一些辅助剂，如硅石、有机皂土、增塑剂和石蜡等，以改善印刷适性，调节油墨粘度。以下是抗蚀油墨配方一例：

体质颜料	37.0%
炭黑	1.0%
连结料	55.0%
增塑剂	3.5%
硅石	1.0%
丁基溶纤剂	2.5%

②电镀用抗蚀墨。用于制作带空穴线路板和接触端元件的印刷电路基板。在印刷之后，或直接进行电解抗蚀金属，或先电解镀铜，再电解抗蚀金属，然后都需将抗蚀墨除去。前者称配电板电镀法，后者为图案电镀法，其中电解镀铜采用焦磷酸镀铜。要求油墨有相应的抗蚀能力。除去抗蚀油墨时可用溶剂也可用碱。油墨的连结料一般为乙烯系、聚乙烯系、树胶系的树脂。以下是电镀抗蚀膜油墨配方一例：

炭黑	1.5%
硫酸钡	35.0%
硫酸钙	5.0%
连结料	55.0%
硅石	0.5%
调墨油	2.0%
溶剂	1.0%

③焊接用抗蚀墨。用于保护线路板板基，增强线路板的耐用性和耐湿性，防止在线路板插上电器元件之后焊接时产生搭接现象。因此要求油墨具有耐熔焊性，即在240～260℃的焊锡作用下，不得出现墨膜膨润或剥落的现象。油墨还需有耐焊性，同时

也不应溶于三氯代乙烯和乙醇等清洗线路板用的溶剂。焊接抗蚀墨有热硬化油墨（用三聚氰酰胺树脂和醇酸树脂作连结料的，也可用环氧树脂作连结料）以及紫外线硬化油墨（用丙烯酸酯单体等聚合物的单体为连结料）两大类。三聚氰酰胺-醇酸型油墨的印刷适性好，硬化时间较短，但硬化时生成甲醛，涂膜也不耐碰撞。环氧树脂型印刷适性较差，干燥靠烘烤进行，温度高、时间长，但无臭味，不产生有害气体，涂膜与板基结合较牢。紫外线硬化油墨印刷时不会在丝网上干燥，印刷精度高，硬化时间短（仅数秒），温度上升得也少，因此基板的收缩极少，无不良气味，但难于印出厚的墨膜和高浓度的色调，与板基结合程度也不够好。下面是焊接用抗蚀墨一例（三聚氰酰胺-醇酸型）：

三聚氰酰胺树脂	25%
醇酸树脂	40%
硫酸钡	25%
花青绿	2%
硅石	3%
溶剂	5%

7.誊写版油墨：这也是丝网印刷油墨的一种，采用蓖麻油或菜籽油等加工成的树脂油墨、矿物油制成的油性油墨或用水乳化制成的乳剂油墨，用于纸张印刷。要求油墨具备粘度低、干燥快、渗墨少、不损害印版等性能。色料采用金光红、铁蓝、酞菁蓝、炭黑等。还常加有5～16%的碳酸钙作填料。

总而言之，丝网印刷油墨的配比可用下面的配方做个大概说明：

色料	20～40%
树脂	15～25%
溶剂	25～40%
辅助剂	2～5%

其中辅助剂是用来改善油墨各种适性的，主要有去泡剂、增塑剂、石蜡等。

五、其它油墨

1.紫外线干燥油墨：紫外线干燥油墨指在一定波长的光线照射下能够从液态转变成固态的油墨。紫外线干燥油墨始于20世纪60年代初期，由于这类油墨的固化时间短，可解决印件印刷后需有一段时间等待油墨干燥而带来的工序或时间上的麻烦，如在印刷金属表面的印刷机上可省去庞大的烘烤设备，这样，从高速印刷、环境保护及能源等方面来考虑，世界各国对紫外线干燥油墨做了许多研究工作，使其得到迅速发展。

紫外线干燥油墨的连结料是光敏树脂及一些不饱和化合物的酯类（如三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、苯二甲酸二丙烯酯、季戊四醇三丙烯酸酯等）。不饱和的光敏树脂和不饱和化合物的酯类在紫外线的直接照射下，吸收一定波长的光能，使分子得到激发而打开不饱和的双键，经聚合生成高分子的聚合物，油墨就从液态转变成固态而干燥。

由于吸收紫外线而转变成激发态是一个可逆的过程，激发态的分子还有可能失去活性，使光引发效率降低，因此在实际应用中还需加一些光引发剂或光敏剂，以提高光照干燥的效率。光敏剂在紫外线作用下分裂形成离子或游离基，与不饱和树脂或不饱和化合物的酯中的双键起加成反应，然后进行游离基聚合反应。光敏剂是某些酮类、醚类和硫化物，如安息香醚类、噻吨酮及衍生物（如2-氯噻吨酮）、二苯甲酮及衍生物（如米蚩酮）、甲基苯基甲酮的衍生物（如二乙氧基甲基苯基甲酮）、多环醌类（如2-甲基蒽醌、萘醌）等，主要吸收波长为300～450nm的近紫外线。其中以二乙氧基甲基苯基甲酮最佳，但为了增大光吸收范围，常是几种光敏剂并用。用量比一般聚合反应大，为2～6%，这是因为光敏树脂生产时为保护双键不受聚合而加入一些阻聚剂，这些阻聚剂会消耗一部分引发剂。但光敏剂也不宜加得过多，否则干燥后的墨膜分子量太小，影响墨膜的性能。

空气中的氧会与光敏树脂的游离基生成没有引发聚合作用的

游离基，对光敏树脂的固化有抑制作用，降低油墨墨膜干燥的速度，因此在采用表面通氮或加光敏剂的同时，加入一些抑制氧作用的添加剂，这是一些叔胺类、磷化氢的衍生物，但其对油墨整体固化有影响，因此胶印油墨中最好使用含有氨基的树脂。

紫外线干燥油墨的干燥速度与光敏树脂的种类有关，如丙烯酸类固化较迅速，而桐油类固化就很慢。但光敏树脂的固化速度在制成油墨之后，油墨中的固体颜料及填料阻碍紫外线向油墨内部穿透，油墨的墨膜内部的干燥程度就受到影响，特别是二氧化钛对紫外线的透射率较低，不过锐钛石要比金红石的透射率好一些。

紫外线干燥油墨的应用还存在一些实际问题，如紫外线会产生臭氧，需采取通风措施；如需采用惰性气体封闭印件表面以消除氧对干燥的抑制作用等等。紫外线干燥油墨的一些单体会刺激皮肤，因此操作时要注意安全防护，紫外线辐射部分有少量X射线，需装备可靠的防辐射屏蔽装置，操作人员还需戴上深色保护眼镜。紫外线干燥油墨需要特殊的印版、滚筒和橡皮布。

2.红外线干燥油墨：红外线干燥油墨是能吸收一定波长红外线辐射而使自身不饱合碳链产生交联作用而形成加成聚合物的油墨，因此，油墨所采用的组分的吸收特性必须和红外线灯具发射的红外线能量的波长相匹配，这时能量传递才最为有效。

普通平印油墨也能在红外线辐射下很好地干燥，但如果选择好油墨组分，那就可以在很窄的红外线波长下迅速干燥，或者把发射的红外线调整到油墨吸收的频率上都能提高干燥效率。能吸收2.5～4nm的中红外线的化学基团有—COOH基(如有机酸类)、—C—OH基(醇类)、—N—H基(如胺$\rangle$N—H、亚胺—N—H、酰胺—$CONH_2$和—CONH—)以及各种—C—H基团等。

红外线干燥油墨含有胶体螯合连结料，它在红外线辐射下能促使油墨溶剂释放，即连结料中的螯合剂能在红外线能量的影响下协助连结料释放溶剂，溶剂分离后就渗透到承印物材料中或从

油墨表面挥发掉，使油墨迅速固着。

螯合剂的种类影响油墨释放溶剂的速率，以及随之而来的挥发和渗透到纸张中的速率，如果树脂中存在氮基基团（如三聚氰胺树脂）其螯合性能有很大改观，因为氮是一种强螯合剂。改进油墨氧化结膜干燥的速度，则连结料中应含有大量的不饱和脂肪酸油类（如油酸、亚油酸、桐油酸、蓖麻酸等）或是不饱和油脂改性的醇酸树脂（如蓖麻油、亚麻仁油、玉米油改性醇酸树脂）。使用四官能团的季戊四醇代替三官能团的甘油应用于干性油和树脂可使热聚合速率大大增加。油墨中含有钴燥油及有机的过氧化物，在纸堆的较高温度下（红外线烘干使承印材料也获得一部分能量，温度可达40～50℃），连结料通过不饱和油的双键或α键上过氧化作用或氢过氧化作用而进一步干燥。

红外线干燥油墨的干燥还可通过使某些组分在70℃左右的温度下膨胀，对油墨墨膜表面起短暂保护作用，防止印品蹭脏，当油墨层在纸堆中干透时，膨胀的粒子恢复原先的形状。

3.塑料溶胶油墨：热敏油墨的一种。采用乳液法聚合得到颗粒极细（平均粒度为0.1～2μm）的高分子化合物（如聚乙烯醇糊状树脂），并将其分散在增塑剂中形成糊状物替代普通油墨中的连结料而制得，这种油墨可在极短的时间里加热墨膜而完全固化，又称热敏固化油墨。调节配方可制成凸印、胶印和雕刻凹版印刷油墨，如添加挥发性溶剂可制成照相凹版印刷油墨，印刷后溶剂挥发则立即干燥而不必加热烘干，如不加填料和颜料可作为上光清漆使用。

塑料溶胶油墨的干燥是靠增塑剂和树脂在大于临界汇溶温度下互溶而达到墨膜干燥的。临界汇溶温度与高分子物质分子间和增塑剂分子间以及两种物质分子间的引力有关，高分子物质分子之间、增塑剂分子之间引力越小，高分子物质分子与增塑剂分子之间引力越大，则临界汇溶温度越低。油墨在大于临界汇溶温度下互溶，适当提高固化温度可使树脂、增塑剂互溶充分，从而提高墨膜的强度，但温度过高则会导致高分子聚合物降解，使墨膜

早期老化，承印物（如纸张）的强度也受到影响。加热时间只要使墨膜表面和里层都高于汇溶温度即可，一般为2～8秒。

塑料溶胶油墨采用的树脂最多的是聚乙烯醇，其余的如用乳液法聚合的氯乙烯糊状树脂，某些共聚树脂（如醋酸乙烯氯乙烯共聚树脂）也可用作连结料。塑料溶胶油墨采用的增塑剂种类很多，按与树脂溶剂化能力的大小分为三类：主增塑剂、副增塑剂和充填性增塑剂。主增塑剂与聚乙烯醇的相容性很好，用量为树脂的45～70%。常用的有酞酸酯（如酞酸二丁酯、酞酸二辛酯、酞酸二丁氧基乙基酯）、丙烯酸酯类（如二甘醇二丙烯酸酯、二甘醇二甲基丙烯酸酯、三羟甲基丙烷三甲基丙烯酸酯、磷酞酸二烯丙酯等）。副增塑剂是保证主增塑剂能与树脂很好相容的物质，常用的有环氧化油类（如环氧化大豆油、环氧化亚麻仁油、环氧化油酸甲酯等），其不仅能改善墨性，还能吸收树脂在烘干时分解出的氯化氢，副增塑剂是抗溶剂化的增塑剂，用于调节互溶的程度，得到稳定的粘度较低的油墨。充填性增塑剂只起充填作用，增塑效果很小，只为降低油墨成本，不宜多用，否则会影响油墨墨膜的强度。充填增塑剂一般为馏分为200～400℃的环烷烃、氯化石蜡等。

为改善因油墨内聚力和粘性不足而引起飞墨和对纸张附着不良的缺陷，塑料溶胶油墨加有适量增粘剂。增粘剂是与树脂和增塑剂相容的高分子化合物，如一些热塑性或热固性树脂（如酮醛树脂、热异构橡胶树脂）、石油烃树脂（改性的和不改性的）、丙烯酸树脂、聚酯树脂(饱和的和不饱和的)、苯乙烯或丙烯酸改性醇酸树脂等。某些增粘剂也可说是副增塑剂。增粘剂的用量为聚乙烯醇用量的5～50%，用量少增粘效果不明显，用量过多会使油墨传递不良和固化后墨膜牢度下降。

塑料溶胶油墨的颜料与普通油墨略同，但锌、铁类无机颜料会加剧树脂热分解，不宜采用，另外，一些不抗增塑剂或在增塑剂中会迁移的颜料，以及不能耐受固化温度的有机颜料应最好不用。

塑料溶胶油墨的填料对增塑剂的吸收量越小越好，常用的是陶土和碳酸钙，用量不大于20～30%。

另外还有用来改善颜料和填料与增塑剂的润湿性，改善印迹流平性和油墨稳定性的表面活性剂（如聚氧乙烯烷基酚醚类非离子型表面活性剂的脂肪醇的伯胺衍生物），以及用来调节油墨流变性的流变性调节剂(如裂解法无水硅酸和有机胺改性膨润土)。

塑料溶胶油墨印到纸张上之后，未加热就能渗透固结。不加催干剂就能在指定温度下立刻干燥，无须后固化而无沾脏之忧；其墨膜耐酸、碱、醇、油以及耐摩擦性能特别好，并具有一定光泽。印刷油墨在贮存期间，在印刷机的墨辊、印版上不会干燥(室温下)，因此省去许多洗胶辊、洗印版的麻烦。其成本略高于普通油墨，但只为紫外线干燥油墨的一半左右。烘干设备可采用红外灯、远红外管(或板)、电热板或煤气组合而成的烘干箱，能耗亦比其它热固性油墨和紫外线干燥油墨低一些。

4.荧光油墨：荧光油墨是借可见光和紫外线可发出荧光的一种油墨。印刷出的印品色彩鲜艳，效果甚佳。荧光油墨采用荧光染料，溶于尿素、三聚氰酰胺、三氮杂苯系树脂中而制得。其耐光性不好，因此不适宜印刷长期放置于室外的印刷品（如广告等）。印刷的墨层越厚，其荧光效果也越好，所以凸版印刷、丝网印刷常采用这种荧光油墨。如凹印最好能把印版滚筒上的凹痕制得深一些(30～40μm)。

为提高荧光油墨的效果，最好在白度高的纸上进行印刷；印刷色序也是很重要的问题；不宜使用干燥剂；最好不加罩亮干漆或用透明度较好的亮油；不宜与别的油墨混合使用，因此印刷前要把墨辊洗净。荧光油墨用于印刷底色时，如能用同系色进行印刷，颜色饱和度可提高，耐光性也有所改善；用于印刷四色彩印品时，如用于红、黄版，可得到明亮的印刷品。

5.升华转移印刷油墨：升华转移印刷油墨预先印在纸上，制成转移印花纸，然后将转印纸上印有油墨的一面与被印织物密合，通过热和压力的作用，使原先印在纸上的分散染料升华成气

相，转移到织物纤维上。由于转移到织物上的仅是染料，油墨中的填充剂仍然留在纸上，因此织物上印上图案后手感不会发硬，是不用水的染整工艺。

油墨中采用的染料扩散性应该较好，在高温下能升华，用于拼色的染料，其扩散性和升华性应相近，其主要用于合成纤维（如涤纶、锦纶、腈纶）的印染，如用于混纺织物（如涤纶65%和棉35%混纺）的转移印花，希望染料也能沾染棉纤维，以免露白。所用染料可为偶氮、分散、蒽醌、苯乙烯等种类的染料，在160～220℃的温度下升华。国内目前采用分散染料，其升华范围180～190℃，品种有以下几种：分散荧光黄Ⅱ、分散黄72-2、分散中黄2GC、分散老黄RGFL、分散蓝2BLN、分散烟雾蓝B、分散红3B、分散红74-1、分散桔红74-4等。在油墨中占重量的10～30%。

油墨的连结料可各不相同，根据印刷方法而定。如用于丝网印刷的可用水溶性油墨，凹版印刷可用醇溶性油墨，凸版印刷和平版印刷可用油溶性油墨。油溶性油墨以树脂为主体连结料，要求树脂软化点要低，透明度要高，耐酸碱性及稳定性要好一些，如萜烯树脂、失水苹果酸酐树脂、达玛树脂及其衍生的纤维素（30～70%重量的达玛树脂与纤维素酯或醚混合）等，再加上一些填充料，如烷基苯以及其它有机溶剂。

升华转移印刷油墨还能用于涤纶薄膜、涤纶真空涂铝薄膜、氧化铝板、氨基醇酸树脂漆铝板等材料的转移印刷。

6.软管油墨：软管油墨是印铁油墨的一种，印铁油墨的另一种是在马口铁上印刷的，已在“平版印刷油墨”一节中提及，这里讲的是盛装牙膏及其它药物等的铝或铅制的软管印刷用油墨。软管印刷是靠凸版转印到橡皮滚筒后再压印到软管上的，因此油墨需要有足够的浓度，这一点以及其它一些性质和印铁油墨相似。除此以外，软管还需受到挤压曲折，并常遇水和潮湿，这都要求油墨有相应的性能，并需不受软管盛装的药物的侵蚀。

软管油墨可用醇酸树脂、三聚氰胺甲醛树脂为连结料，加入

少量二甲苯溶剂与其它辅助剂。其中白墨是用以打底的，要求较高，再往上印刷的色墨，要求就可以降低一些。

7.塑料薄膜印刷用油墨：塑料薄膜的分类及性质已在聚合物一章介绍过了，这里讲的是印刷塑料薄膜用的油墨。这一大类油墨的关键是油墨与塑料薄膜的粘结力问题，而这与油墨连结料的选择有很大的关系。一般，连结料的选择有以下几种方法：

①使用与承印物相同的树脂，或与承印物材料能互相溶解的树脂。这样，承印物印上油墨之后，由于溶剂的作用，在油墨与承印物接触的界面上会互相溶化而粘附在一起。

②采用能与承印物材料发生化学反应的油墨连结料。

③使用能够形成类似于承印物材料表面膜层的连结料。

④使用与承印物极性基本相同的连结料。

根据上述原则，油墨的组成也因承印物材料类别不同而不同。一般选择能与所印塑料互溶的连结料；如聚烯烃类塑料薄膜用油墨就采用乙烯共聚物作为连结料。聚烯烃类塑料有聚乙烯、聚丙烯等，这类聚合物在室温条件下是难于用有机溶剂溶解的，其化学稳定性比较好。要想使印刷油墨与承印物材料很好地粘结在一起，必须采用电晕放电处理等方法使薄膜材料表面活化，再使用有极性基的油墨进行印刷，除此之外，尚无其他较好方法。这类材料中，相比之下，非延伸性聚丙烯(CPP)的表面未经处理，也可获得较好的粘合力，但其结合力受薄膜表面状态的影响很大。目前尚找不到性能较优的连结料。这类材料印刷用油墨现在主要采用橡胶类树脂作为连结料。

塑料薄膜一般采用轮转凹版印刷，油墨则为溶剂型油墨，这类油墨可以适应高速印刷的需要，但其挥发的有机溶剂的数量也相当可观，这些溶剂要回收相当困难，对环境的污染也相当严重。塑料薄膜也可采用丝网印刷，其油墨用合成聚合物在水介质中的分散体作为连结料，虽然避免了溶剂污染的问题，但只能印刷质量较次的印刷品。塑料薄膜还可用柔性版印刷。用于塑料薄膜印刷的油墨分别称为凹版塑料油墨、丝网塑料油墨和柔性版塑

料油墨。

8.陶瓷贴花印刷油墨：陶瓷贴花印刷油墨是印刷陶瓷贴花纸的，其颜料包括着色剂和媒融剂两部分，着色剂大都采用金属氧化物及少数硫化物、硒化物等，媒融剂的主要成分是铅丹、石英、硼砂及硼酸，这二者的比例随金属氧化物的色彩不同而不同。媒融剂的作用是使金属氧化物融熔均匀、产生光泽、降低熔点。印好的陶瓷贴花纸，粘贴在瓷器之上，在烧瓷窑内经700～800℃的高温煅烧，贴花纸上的颜料熔固在瓷器上，呈现出所需的色彩。

陶瓷印花油墨叠印时要注意：同类色可以叠印，不同颜色不能叠印，否则在高温下会引起化学变化，造成变色、爆花。印刷时也多用专色，而不用三原色混合产生色彩。

9.金属油墨：指用金属颜料配制的油墨，有金属的光泽，印刷厂称为金墨、银墨的便是这类油墨。金属油墨的颜料主要是金粉和银粉(即铜粉和铝粉)，也可加入其它颜料以改变色彩。铜粉在连结料呈酸性时和其中含有微量硫时易发黑，印刷后与大气中的硫作用也会慢慢失去光泽、发乌，因此金墨现已不大采用铜粉而用铝粉加染料来代替，不过光泽略差一些。

金属油墨的连结料一般采用酸值和胺值极低的树脂，以免影响油墨的光泽，如乙基纤维素、硝酸纤维素、聚醋酸乙烯、酮树脂、聚酰胺树脂，并加入一些蜡类物质以改善颜料的悬浮。金属油墨也可配制溶剂性的，但因粘度小而常常现配现用，溶剂的极性不需太大，否则颜料过度润湿而易沉淀。二甲苯、异丙醇等都可用作金属油墨的溶剂。

由于金墨放置时间一长金色容易变黑，因此，金墨也可由印刷厂家自行调配。

印金油墨配方一例：

金粉	43.7%
亮光浆	32.8%
0号调墨油	8%

二丁酯　　14%

78号燥油　　1.5%

其中亮光浆是起改善油墨光泽度用的，二丁酯是用于增加油墨的流动性的，由于加了二丁酯和0号调墨油，油墨的干燥性能有所影响，为此加入一些燥油，使油墨能快速干燥。

10.喷印油墨：喷印油墨是喷墨印刷采用的油墨，用于喷印金属(如铝、钢铁)、玻璃、塑料（如聚乙烯、聚丙烯）及其它材料。其组成约有不大于80%的树脂(重量比)、不大于10%的色料、不大于10%的电解质，以及用于调节粘度的溶剂或混合溶剂。

油墨的连结料可采用聚酯、尿醛三聚酰胺甲醛、橡胶、聚酮硅酮、丙烯、纤维素、聚乙烯、聚偏二氯乙烯、环氧树脂、醇酸树脂、聚酰胺树脂、尿烷、烃、虫胶及植物油等树脂，常用的是丙烯腈、聚醚、氯化聚烯烃、聚碳酸酯、苯乙烯马来酸酐、虫胶树脂等。

11.静电复印墨粉：静电复印墨粉要求具有摩擦带电性、流动性和使用寿命长等性能，以及改善润滑、转印、清洁、定影等性能，对黑度、非静电吸附性、凝聚性、吸湿性、熔化温度等性能也有一定的要求。静电复印墨粉采用熔点低、热敏性高而又韧硬的链性高分子聚合物作主体原料，如甲基丙烯酸丁酯和苯乙烯的共聚体。

墨粉细度对复印品质量好坏关系很大，墨粉越细，复制图文越细致、清晰，但过细了会降低颜色密度，一般文件复制用墨粉的平均细度在15μm左右，粒度分布要窄一些，如果粗的太粗，细的太细都会影响复印质量，一般是粒度在15μm以下的不大于15%，5～40μm的大于75%，40μm以上的小于10%。

静电复印墨粉在140℃温度下加热，10s内必须熔化，所需时间越短越好。

带电量。显影粉与载体相互摩擦并分离时各自存有的电量为摩擦带电量，指标为1～10μc/g。

12.磁性油墨：磁性油墨是用来印刷信贷卡片上磁带的，它用文字识读装置识读。其所采用的颜料是磁性颜料，如氧化铁黑、氧化铁棕，其颗粒和形状很易在磁场中均匀排列而得到较高的残留磁性。可在油墨中添加炭黑以增加黑度或其它颜料改变油墨的色彩，因此磁性油墨的颜色就不仅是黑、棕两种颜色，也能得到各种颜色的油墨。磁性油墨可用醇酸树脂作连结料。

磁性油墨的粘结强度要能够经受得住识读装置的摩擦，并有足够的墨膜厚度和密度。

13.防伪油墨：用于印刷支票等有价证券之底纹，用于防止涂改和伪造，因此又称安全油墨、保险油墨等。防伪油墨应该在使用褪色灵等化学药品涂改钢笔字时也能褪色或变色，因此采用遇酸、碱、氧化剂能褪色的染料（如某些盐基性染料、醇溶性染料）作色料，或用无色的但遇褪色灵等就能变色的发色剂（如二苯胍、联苯酚、噻唑胍等）作连结料都能达到目的。

防伪油墨不用干燥结膜的物质作连结料，而是用水或醇类作油墨的连结料，以保证颜料与褪色灵充分反应，这样，油墨的连结料多采用树胶、糊精、乙基纤维素类等，将颜料粘结到纸张表面。油墨中还可加入一些表面活性剂（如三乙醇胺油酸盐类）促进变色作用进行。

第六节　油墨的性能

印刷油墨的性能首先是要满足某种形式的印刷机印刷时的需要，其次，油墨转印到纸张或其它材料上的膜层在印刷品所使用的期间，要能够经受得起后续工序和使用的各种条件的作用，如耐摩擦、耐折叠、耐日照等性能。

印刷油墨的性能因油墨种类不同而不同，不过有许多是各种油墨都需具备的。印刷油墨的主要性能是流动性能（包括粘度、粘性、粘弹性、屈服值、触变性等）、光学性能（颜色、光泽度等）以及转印到各种印刷材料上的耐抗性能（如耐晒、耐酸碱溶

剂、耐化学药品、耐摩擦、耐搓揉等等）。现分述如下：

一、油墨的流动性能

流动性是印刷油墨的一个重要的特性。流动性研究的迅速发展，使其成为物理学的一个分支，称为“流变学”，这是一门专门研究有关物质的变形与流动的科学。这里我们并不对其作详细的说明，而主要讲油墨的流动性。

1.**粘度**：粘度是流体的重要特性之一。当一种液体被搅动时，其流动的速度与使用的力成正比。即

使用的力(剪切应力)＝常数×速度梯度(剪切速率)。

或

$$\frac{\text{剪切应力}}{\text{剪力所引起运动的速率}}=\text{常数}.$$

这个常数就是液体的粘度，单位是 $N\cdot s/m^2$。（一般常用泊“P”来表示液体的粘度，其换算关系为 $1N\cdot s/m^2=10p$），此值越大，则粘度就越大。如在室温下，水的粘度是 $0.001N\cdot s/m^2(0.01p)$，高速凹印油墨的粘度是 $0.01\sim0.03\ N\cdot s/m^2$ $(0.1\sim0.3p)$，甘油的粘度为 $1.5N\cdot s/m^2$ $(15p)$。

剪切应力 τ 与剪切速率 $D\left(D\text{ 又称速度梯度，}D=\frac{dv}{dT}\right)$ 的关系可用图6-19表示。图中所代表的液体是牛顿流体，牛顿流体指施以任意小的力就能使其产生流动，且其流动的剪切速率和所加的剪切应力成正比的液体。水、甘油

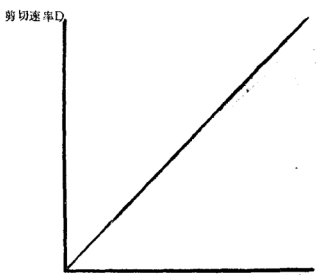


图6-19　牛顿流体的流变曲线

及一些低粘度的油墨就属于这类液体。因为，牛顿流体在各种剪切速率的情况下的液体粘度都相同，则图上线为一条直线，因其有很小的力就能使液体流动，所以其直线通过原点。

印刷工业上所使用的大多数油墨中的连结料、溶剂的粘度差别很大，除了凹版印刷油墨和柔性版印刷的油墨可算作牛顿流体外，其它油墨却都不能在任意小的力的作用下就能流动。这可以解释为将颜料加入牛顿液体中时，随着固体的颗粒数量的增加，阻碍液体流动的力和粘度也会增加。大多数凸印和平印油墨中都含有大量颜料，其所受的力必须大于一定的值才能流动，这个值就称为屈服值。我们将这一类液体的切应力和剪切速率的关系描绘如图6-20。图上画的仍是一条直线，但它与横轴（切应力）交于A点，所以OA就代表了屈服值。图中流变曲线的斜率 $u\left(\frac{\text{切应力}-\text{OA}}{\text{剪切速率}}\right)$ 常被称为塑性粘度，这样的称法有些不太恰当。第三种流动是随着剪切速率的增加，其粘度减少的流动，凸版印刷油墨和平版印刷油墨中常看见到这样的流动，其剪切应力和剪切速率的关系如图6-21所示。图中的直线有一部分是曲线，与横轴相交，其斜率称为塑性粘度。这类液体称塑性流体，在切应力大于屈服值时，液体才流动，切应力略大于屈服值时，流体以固体或接近固体运动方式运动，而并未形成层流，这一段曲线称为塞流区，指流体的运动是塞流。当切应力大到某一定值（图中N）后，流变曲线近似于一条直线。由N点向切应力轴

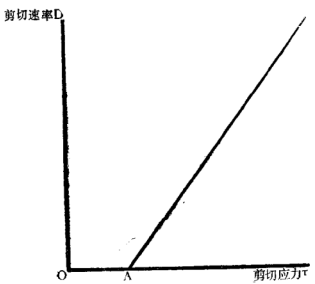


图6-20　塑性流体的流变曲线

（横轴）做垂线，其垂点相对的切应力值为塑性流体的最大屈服值τ_0。其直线的延长线与横轴相交的点A相对的切应力值为塑性流体的理论屈服值τ_b，而图中曲线与横轴相交的点相对应的切应力值为实际测得的屈服值τ_a。

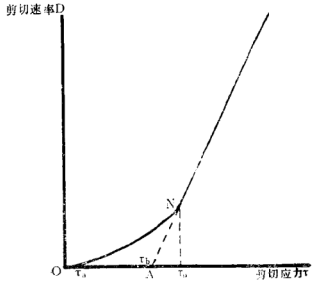


图6-21　油墨的流变曲线

在含有高比例颜料的油墨中，其切应力与剪切速率的关系描绘出的曲线则如图6-22所示，这种液体的性质是施加的力越大，要搅动这种液体就越困难，也就是说，这种油墨受搅拌时粘度增加，但静置一段时间后，流动性又可恢复原状。这种流体是膨胀性流体，在印刷油墨中，这样的流体是很少见的，雕刻凹版印刷油墨的流动性有些类似于此。

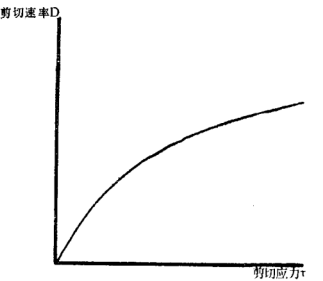


图6-22　膨胀性流体的流变曲线

与此相比，许多凸印和平印油墨都具有一定的这种阻碍流动的特性，不过，其流动特性都会随搅动程度增加而得到改善。而当油墨停止搅动时，油墨又会恢复到原来不流动的情况。这种性质称为油墨的触变性。油墨油漆都是典型的具有触变性的物质。我们先渐渐增加切应力值，即增加搅动

的程度，然后再慢慢降低搅动的速度，测量其相应的剪切速率，将其关系描绘出来，如图6-23所示。这样对任何一个给定的切应力都相对有两个粘度值，一个在上边的一条曲线上，一个值在下边的曲线上。将流体静置一段时间后再重复进行同样的试验，还将产生同样的流变曲线。不同的油墨，其触变性也不同，即流动性恢复到最初的高粘度所需的时间长短不等，最短的只要几秒钟，长的则要好几天。

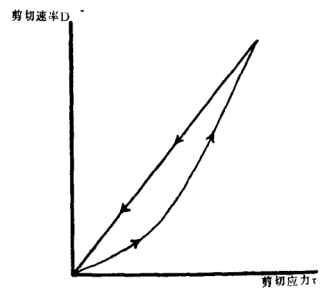


图6-23　测触变性所作的流变曲线

油墨的触变性是由于油墨的内部结构而形成的。当颜料分散到连结料中后，这个分散体系产生了三种力，第一种力是由颜料颗粒表面的离子或带电基团而引起的排斥的静电力；第二种力由于颜料颗粒与连结料之间的介电常数不同而引起的范德华引力；第三种力是由于颜料颗粒表面的不带电基团而引起的阻碍力。在各种类型的油墨中，有的是静电力为优势，有的是范德华引力为优势，它们均可与阻碍力达到平衡，形成油墨内部的网状力场，油墨内部处于絮凝状态。在外力的作用下，这种絮凝状态被破坏，油墨的流动性也就改善了。

油墨的触变性使油墨在印刷机众多墨辊的挤压、剪切作用下流动性变好，油墨就容易从印版转印到承印物上，一旦外力消失，油墨由稀变稠，不向四周溢流，这样才能保证印迹清晰准确。不过触变性也需恰当，否则油墨不仅需有大量的墨辊打勾，墨流也太慢不利于调节。

另一个性质是流动度，它是粘度的倒数，流动度的大小说明

油墨的稀稠程度，一般用夹在两块玻璃中一定量油墨在规定时间里铺展开的直径(温度是某一定值)，作为流动度的数值。

油墨的粘度、屈服值、触变性及流动度的总和，就是油墨的流动性，也叫油墨的流变性，印刷需要良好的油墨流动性，使油墨在勾墨、传墨、流平性能等方面能满足各自所用的印刷方法和印刷机械的要求。有些操作工着眼于流动度的大小，用调墨油或颜料、填料等来调节油墨的流动度，而忽视了流动性的其它因素，印刷工作也就不能顺利进行。

油墨的粘度是油墨流动性中最重要的性质，在印刷中常提到粘度这个概念。粘度与印刷有关，一般是印刷机的速度越高，粘度应越低，否则油墨不能适应油墨迅速分离的需要，通常每小时印6000印的胶印机所用的油墨粘度在200～500泊之间，每小时印20000印的轮转胶印油墨的粘度在100～300泊左右，有的还小于100泊。

油墨的粘度与承印物与纸张的种类有关，由于不同纸张的表面强度不同，其在相同的印刷速度下所能承受油墨的粘度值不同。那些表面强度低的纸张，如凸版纸，就只能使用粘度比较低的油墨，否则就易产生掉毛现象。表面强度比较高的纸张，如胶版纸，就可采用粘度比较高的油墨。

粘度的大小主要是由油墨本身的组分所决定的，如油墨的连结料的粘度大，则油墨的粘度也大，油墨中的溶剂种类与数量、颜料的比例和颗粒大小及其在连结料中的分散状况，这些因素的总和形成了油墨粘度的差异，如颜料量大，制成的油墨的粘度就大，颜料颗粒大的油墨粘度就小，颜料分散得好的粘度就小。粘度也与温度有关，温度越高粘度越低。印刷机工作一段时间后，由于墨辊之间的摩擦使温度升高，油墨的粘度会因此而降低，给印刷品的质量带来影响。

2.油墨的粘性：油墨在印刷机上转移传递的主要性能除粘度（又称粘滞度）外，粘性（也叫粘着性）也是一个重要的性能。油墨在印刷机上从一个墨辊传到另一个墨辊，从墨辊传递到印

版，从印版到橡皮布，从橡皮布到承印材料，这每一次传递中油墨层都要发生一次剥离，油墨的粘性就是阻碍墨层剥离的能力。这里要注意粘性和粘度是油墨的两个独立的性质，二者都很重要。虽然某种油墨粘度下降时，相应地其粘性也下降，当我们比较两种不同的油墨时，这两种性质间就没有什么清楚的联系了。

粘性越大，墨层抗分离的力也就愈大，油墨转移就不均匀，往下一个面传递的油墨就少，越往下传越少，就易发生辊子上堆墨的情况。如果油墨的粘性大，而纸张的表面强度低的话，纸张在印刷时就易发生剥离的现象，即掉毛或剥纸。另外的一种可能性是，由于油墨不能润湿承印物材料表面，印刷时，油墨的高粘性致使墨层和承印物材料的分界面上发生剥离(图6-24)，这种现象在湿压湿多色印刷中经常发生，因此需特别注意油墨的粘性对其的影响，例如，在第二色印刷或后续的套色印刷时，如果油墨的粘度大，它不仅不会从印版上转移到承印物表面上，而且还把纸张表面的纸毛或上一色印刷的墨层粘过来，即油墨分离发生在两个潮湿的墨层之间。为了使套印能顺利进行，一般按油墨的粘性来套印或使生产的油墨的粘性符合这样的条件：即使第一色序的油墨具有最高的粘性，以此类推，最后一色序的粘性最低。

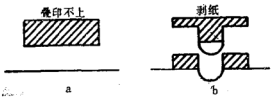


图6-24 叠印不上和剥纸现象

3.油墨的粘弹性：油墨自身有内聚力，其受拉伸时会延伸成丝，最后在中间断裂。油墨拉成丝的长短，对印刷有一定的影响，所以也作为油墨好坏的一个标准。如照相凹印用墨要求不拉丝或拉短丝，以便于擦拭版面；对凸版印刷和平版印刷用墨来说，也要求油墨拉的丝短一些，因为在高速印刷时，其拉出的长丝断裂后，在离心力的作用下易造成飞墨，溅脏印品。如果油墨拉的丝短，且断裂后丝回缩，具有很好的弹性的话，就可避免飞出细小的墨微粒。

油墨的拉丝长短可用数值表示。用平行板粘度计测定油墨扩

张直径和时间的关系，以直径d为纵坐标，时间的对数值lgt为横坐标绘出图来，其关系约略是一直线，则其斜率可用来描述丝头的长短。这一计算过程比较繁琐，人们用10^s和100^s时平行板粘度计上测得的直径d_1和d_2之差作为丝头的长短，即

$$sl = d_2 - d_1$$

式中：sl——丝头长短；

d_1——用平行板粘度计测得10^s时油墨试样扩展直径；

d_2——100^s时试样扩展直径。

用此方法描述油墨丝头长短比较简便，在一定程度上描述了油墨的性质。

油墨粘弹性好的，拉丝后回弹的能力强，印品清晰。油墨粘弹性好坏与连结料的粘弹性关系很大。

二、油墨的光学性能

1.油墨的颜色：油墨的颜色与印刷品质量的好坏有一定的关系，尤其是彩色印刷品，其色彩鲜艳与否与油墨的颜色关系很大，即使是黑白印刷品，油墨黑不黑也是影响印刷品质量的一个因素。

颜色的基本属性属于色彩学的范畴，这里我们并不作过多的描述，其中一些术语这里就直接引用了。

油墨的颜色指的是油墨涂布在印刷物表面上呈现的色彩，它与光源的性质有关，这里指其在理想光源照射下的色彩，指油墨对可见光进行选择性吸收、透射与反射后的结果。

如果所用的油墨完全不透明，当光照射在油墨墨膜表面时，光波基本不产生透射，一部分光波被墨膜吸收，另一部分光被反射回来，反射出来的这部分色光的组合就是油墨的颜色。如果油墨是透明的，那么在光的照射下，油墨层对光既有反射和吸收，还有透射现象，这部分透射的光透过墨膜射到白纸上，经白纸反射后重新穿透墨膜而射出，这些光与反射出来的那部分光的总和即为油墨的颜色。不过，印刷油墨多为半透明体，其连结料为透

明的而颜料却是不透明的，其光学现象比较复杂，但也不外乎是透射、折射与吸收，其总和就呈现出油墨的颜色。

影响油墨颜色的因素很多，如墨膜厚度越大油墨的亮度越低，颜色也就越深；油墨干燥与否，对光的反射、透射及吸收的比例也不同，其颜色也不尽相同；纸张本身的颜色又吸收了透射墨膜到达白纸的那部分色光的一部分，使墨色加深；而纸对油墨的吸收也使油墨的颜色发生变化。

彩色油墨是用来复制彩色印刷品的，其中特别要提到的是套色版油墨，即三原色油墨的颜色。根据彩色复制原理，理想的三原色油墨应是只吸收蓝光而反射绿光和红光的黄墨、只吸收绿光而反射红光和蓝光的品红墨、以及只吸收红光而反射蓝光和绿光的青墨，由于油墨采用的原料以及制作上的缺陷，没有一套三原色油墨能完全符合这个要求，也就是说油墨并不那么纯，黄墨也吸收部分红光和绿光，品红墨也吸收部分红光和蓝光，青墨也吸收部分蓝光和绿光，使得印出的印刷品达不到预定的色调和密度。因此，选择一套好的三原色油墨，并知道其颜色的偏差，可以在制版工艺中做到心中有数，想法对这些偏差加以控制和调节。

三原色油墨的色调可通过测定油墨在三种滤色片（红、绿、蓝）的光密度加以评价。如某套三原色油墨相应的光密度值如表6-10所示：

表8-10　　三原色油墨的三色密度值一例

三原色油墨 \ 滤色片	红	绿	蓝
黄　墨	0.02	0.08	0.86
品红墨	0.09	0.89	0.33
青　墨	1.25	0.40	0.57

用这种测定方法测得的数值中，我们以每种油墨的最大光密度值作为油墨的强度，如黄墨的强度为0.86，品红墨为0.89，青

墨为1.29。油墨的强度大小，可以提供配色后的色偏情况。

油墨色相误差也可以利用这些数值进行计算：

$$\text{色相误差} = \frac{M-L}{H-L} \times 100\%,$$

式中：H——油墨的最大光密度值；

L——油墨的最小光密度值；

M——介于H和L二者间的那个光密度值。

如黄墨的色相误差可用表中黄色油墨的数据代入计算：

$$\text{黄墨的色相误差} = \frac{M-L}{H-L} \times 100\%$$

$$= \frac{0.08-0.02}{0.86-0.02} \times 100\% = 7.1\%.$$

这里最小光密度值是用红滤色片测得的，油墨的颜色是黄偏红。

油墨的饱和度是用下面的式子计算的：

$$\text{饱和度} = \left(1 - \frac{L}{H}\right) \times 100\%,$$

式中：L——油墨的最小光密度值；

H——油墨的最大光密度值。

用黄墨的数据代入，有：

$$\text{黄墨饱和度} = \left(1 - \frac{L}{H}\right) \times 100\%$$

$$= \left(1 - \frac{0.02}{0.86}\right) \times 100\% = 97.7\%.$$

理想三原色油墨应吸收三分之一的光而反射三分之二的光，我们可以用油墨的效率一词来反映油墨接近理想三原色的程度：

$$\text{油墨的效率} = \left(1 - \frac{L+M}{2H}\right) \times 100\%,$$

代入上表黄墨的数据，可求出黄墨的效率为：

$$\text{黄墨的效率} = \left(1 - \frac{L+M}{2H}\right) \times 100\%$$

$$=\left(1-\frac{0.02+0.08}{2\times0.86}\right)\times100\%\approx94.2\%.$$

效率其实指的是颜色的纯度，指含有其它颜色的多少。比值越高，油墨越理想，在制版中所作的校色量也相应减少。

衡量评定三原色油墨的好坏，应综合全面地进行分析，从上面四个指标去评定，即从油墨的强度、色相误差、饱和度及效率四个方面去评价。

由于三原色油墨在印刷时有相当一部分是重叠在一起的，此时，油墨的颜色受油墨的透明度的影响。光线经上层油墨反射、吸收后透射到第二层油墨，再经过第二层油墨反射、吸收，透射到白纸上，再反射回来，其与从第一、二层和白纸反射回来的光线的总和，构成了油墨的颜色。为使叠色产生好的效果，油墨是否透明，对最后成色的情况有很大的影响。

2.油墨的透明度：这是彩色印刷时很需要的一个指标。如果后几色印刷的油墨透明度不理想时，就会遮盖掉一部分上几色印刷的油墨，复制出的彩色画面就出现色偏。

透明度的对立指标就是遮盖力，透明度越不好的遮盖力就越好，反之，透明度越好的遮盖力就越不好。

3.油墨的光泽度：油墨光泽度好坏给印刷品的外观带来很大的影响。光泽度好的，色彩也显得鲜艳。为了获得高光泽的印品，人们不仅在油墨的连结料上下功夫，而且经常要往印刷品上罩光、涂塑、覆膜，可见光泽度是油墨的一个相当重要指标。

油墨光泽度实际指油墨印样在某一角度反射光线的能力，其具体细节可参见“纸张光泽度”一节。

三、油墨的耐抗性能

油墨是用来印刷图文的，在印刷品使用期间是否能保持原先的颜色，是印刷品质量好坏的表现，也是油墨的性质好坏的表现。印刷品在使用时的环境、印刷品的某些特殊用途，给油墨提出了要求，如广告、招贴必须张贴在露天，如果风吹日晒就使油

墨褪色变色，那必定失去它的宣传效果。同样，肥皂包装纸要能耐皂，其它一些包装纸要能耐油、脂、酸、碱、化学药品、溶剂、洗涤剂等，在与这些物质接触时，油墨的颜色不能改变。当然要颜色完全不改变是不可能的，但尽量减少改变的程度却是必要的。

油墨的耐光性对广告、招贴、陈列卡及其它一些展示材料来说尤为重要。不同的油墨暴露在光线下而不变色褪色的能力有很大的不同，油墨颜色的改变主要是油墨中颜料颜色的改变，油墨中的颜料越少，其耐光性也就越低。

许多颜料在日光的照射下，其分子结构或晶格改变从而导致颜色的变化。在光谱中，对褪色变色影响最大的是紫外线，如果从日光中挡除紫外线，印刷品的褪色速度就慢得多了。因此，对印刷品上光可以起阻挡一部分紫外线的作用，提高印刷品耐晒能力。在光照射下，颜料和染料都要改变颜色，大多数有机颜料在光照射下容易褪色，而大多数无机颜料则不易改变颜色。

颜料的耐光性还受温、湿度的影响，温度与湿度越高，在相同的光强照射下，颜料的颜色变化就越大。耐光性还随着成膜物质不同而不同。

四、油墨的其它性能

1.油墨的细度：油墨的细度表示油墨中颜料、填充料等颗粒的大小，以及在连结料中分布的均匀度。细度与印刷也有很大的关系，如果油墨中的颗粒太粗容易填塞在网目版网点之间造成糊版，还有诸如堆橡皮等弊病。对印刷细小网点的印刷品来说，如果油墨颗粒直径为20μm，则其面积只为线数为175线/英寸的网版上一成点子的六分之一，其面积和网点面积比例很接近，这就很容易发生网点扩展或空虚的情况，网点的边缘也不光洁。因此油墨细度越细，则印出的网点越饱满，画面也就显得清晰、精神。而且，细度高的油墨表明油墨中颜料分布很均匀，着色力也能提高。

2.油墨的比重：油墨的比重是指一立方厘米油墨在20℃时的重量。油墨的比重用来衡量油墨在印刷时的用量和对印刷工艺的影响，如比重大的油墨在印刷过程中容易堆版，尤其在高速印刷时。比重大的油墨在调配油墨时的用量要大一些。与比重小的油墨调配后容易分层，从而使色彩发生变化。油墨的比重在油墨制造时是试验各种颜料和连结料纯度的很重要的指标。

3.油墨的着色力：这是表示油墨的强度的指标，指颜料分散度的高低，也指颜料含量的高低，着色力高低是往一定量的油墨中加入一定倍数量的标准白油墨与标准样进行对比以得到一定的数值的。以标样的数值为100%，试样的油墨的着色力指标一般在90～110%间。着色力高的油墨中颜料含量大，印刷同一产品时比着色力弱的油墨用量少，印刷性能也好，因此着色力关系到印刷的成本和质量问题。

平版油墨印刷时的印迹比较薄，因此需用颜料含量高的油墨。凸版油墨印线条时也需要有较高的着色力，而印大块实地就不必有那么高的油墨强度。

着色力的高低只能说明颜料含量的高低，其并不能完全说明印迹墨色如何，因为油墨的转印性能、干燥性能、纸张的吸收性能等无一不影响印品墨色的浓度。

着色力用下式计算：

$$\text{着色力} = \frac{\text{冲淡测试墨样所用的油墨量}}{\text{冲淡标准墨样所用的油墨量}} \times 100\%.$$

第七节　印刷油墨的测试方法

印刷油墨必须在印刷机上能很好地传递，转移到承印物之上之后，还必须满足后续工序（如上光等）和使用时的各种要求。测试油墨的各项性能是在生产前预先得知所使用油墨是否能够满足印刷要求的保证。测试油墨的方法有很多种，以测试油墨的各种不同的性能，现在已发展到试图能预报在油墨工作的整个过程

的各个阶段的性能，并致力于制定一个检查方法的标准，以此来测量使用的或生产的油墨是否符合这个标准，即知道能否满足印刷品的各项要求。

印刷油墨的测试方法可分成两大类别，这是根据是以印刷油墨本身进行测试，还是在印刷油墨印刷出来的印品上进行测试来区分的。

测试印刷油墨的印刷适性的唯一最正确的方法是在将使用这种油墨的印刷机上进行印刷试验，这种方法与我们在纸张测试方法中已经提到过的方法类似，这两种方法的好处是显而易见的，但这只是近一个时期来才为人们所真正认识，也就是说印刷机作为一种测试仪器的价值至今才为印刷油墨的生产和使用人员所承认。印刷油墨厂现在已开始在印刷车间中试验油墨。当然，不可能对生产的每一罐油墨进行试验，这从经济上是说不过去的，即使可能，印刷条件和印刷方法未统一之前，测试的结果也不可能得到同一个值。在印刷厂，一台印刷机的操作过程有大量的可变因素，要建立一个印刷的标准条件是不可能的。如果印刷机的结构简单，可以减少可变因素的数量，例如打样机或经过简化的小型印刷装置（如IGT印刷适性仪）等作为试验仪器，就可对主要的几个印刷可变因素进行严格控制，印刷油墨的测试在这种情况下就可移至实验室内在标准条件中进行。不过，这种条件下测试的结果只能说明油墨的印刷适性，它与普通印刷机上使用该油墨的特性之间并不成一种简单的比例关系。

由于对印刷油墨的测试在技术上比较复杂，经济上也不是那么廉价而使任何一个印刷车间都能够置备这些仪器，因此，印刷油墨的测试主要是对与印刷适性有密切关系的那些特性进行测试。同时也尽量简化这些测试方法。例如，印刷油墨的粘度就属于对印刷影响很大的重要特性之一，为测量粘度就发展起几种试验方法来。虽然粘度测量仪器只能提供油墨全部特性的一小部分数据，但毕竟对油墨的印刷适性可提供重要的情况，至少在印刷油墨生产中检验一批产品是否符合产品标准时也是有用的。

在讨论纸张测试时，着重谈了测试取样的原理、步骤的重要性，同样油墨测试取样的方法也是测试的关键一环，要获得能代表一批油墨的测试结果，取样的步骤是不容忽视的。例如在取样品时，必须从几个不同的容器（如桶、罐）中取墨，在每一容器中还需从容器的各个不同的部位取样。因为如只从油墨容器的上部取墨样，则样品中可能含有气泡或结成皮的墨。取样前，液状油墨都要进行充分搅拌，然后存放于密封的容器中避光保存一段时间，直到测试时再取出。这第二次取样也应避开表层，从容器中心部位用干净刮墨刀取出。

印刷油墨的测试最早是操作工人凭着各种感官进行的，是一种主观的测试方法。油墨制造工人在生产过程中就利用这些方法，在油墨从研磨机中取出来之前就可以进行试验，假如油墨未达到要求，还可进行调整，这种测试所需的时间一般都比较短。

依靠感官能解释试样的多种性能，这不仅在纸张测试时可以做到，在油墨测试时也如此，利用调墨刀、纸张就能得到有关油墨的一些性能的情况。这类测试一般都是测试样品与测试标准油墨同时进行，直接将样品与标准油墨进行比较。通过对调墨刀的运动产生的阻力的大小可以比较油墨的流动性，当调墨刀迅速地从油墨拉起来时，油墨拉开的长度和油墨流出调墨刀的速度都能说明流动性的好坏，不过两种油墨在试验前必须用调墨刀用力调匀，以打开油墨内部那些因没有搅拌到而可能出现的不均匀结构。用手指并排地涂出两种墨层可以比较油墨的粘度，如果墨层的厚度与印刷墨层的厚度相接近的话，也可以此来判断油墨的相对色相和饱和度。不过，这两种性质的测定通常是用另一种方法进行的，每种油墨取少量放置于一张夹于平滑表面上的纸张上，相距约2～3cm，拿墨刀在纸上展开这两种油墨，其间并不掺和，墨刀运动方向朝着操作者的方向，刀体与纸面基本垂直，到结尾的部分，压力可以减轻，刀体角度降低，这样，两种墨层到纸张的下部变得比较厚，被比较的油墨所受到的压力相同，这点

很重要，否则这两层墨层的厚度不同就无法加以比较。用这种方法还可比较油墨的遮盖力，不过在两种油墨印迹展开的纸面上预先印有一条黑色的墨带。

两种油墨的相对着色力的定量估计是通过往两种油墨中添加等量的不透明白墨（如10份氧化锌和1份颜色油墨加到调墨油中），而后将这两种油墨分别涂在玻璃板上，放在一起进行比较，如果只着色力有所不同，继续将经过计量的白油墨加入着色力较强的油墨试样中，直到与相比较的色样相同为止，以此可计算出相对的着色力来。

进行如同上述就色相、饱和度与标准油墨相比较的试验方法虽然简单，但是要靠进行过大量试验的有经验的操作工人来搞，其它试验方法也要依靠人的判断力，只是在程度上不同而已。现在的测试方法都渐渐地采用精密的仪器和标准的操作方法，但在平时对某些性能进行估计是必要的，即使对标准测试的结果进行解释、分析也需有适当的经验。

由于主观的测试带有测量不准的因素，近代方法都倾向于从更客观的方法测量油墨的特性。所要测试的性能都与油墨在印刷机上的特性有关，这些试验获得的结果可能不会达到提供预报其印刷适性的程度，但总可以检查油墨的样品是否达到所需的标准。下面分门别类对油墨的各种特性的测试方法作出介绍。

一、流动性的测试方法

流动性不仅是印刷油墨的主要特性，在其它工业领域也是个重要的特性。油墨的流动性包括油墨的粘度、屈服值、流动度、触变性等性质。其定义已在上一节讲过。这里只着重谈其测试方法：

1.油墨粘度的测定：牛顿流体的流动特性与搅动速度没有关系，其粘度的测定可以在一个简单的装置中用一种搅动速度就可测得，对搅动速度值的要求并不必精确。可以采用这种方法的油墨有照相凹版印刷油墨、柔性版印刷油墨等可认为是牛顿流体的低

粘度油墨。而凸版印刷油墨和平版印刷油墨就不是这样，这类油墨是假塑性流体，有触变性，这就必须采用几种搅动速度来测量油墨的粘度，根据测得的数据描绘流变曲线，从中求出屈服值和油墨的表现粘度（即塑性粘度）。粘度测量仪器称粘度计，形式也很多，大概有以下几种形式：毛细管粘度计、落体粘度计、旋转粘度计等。

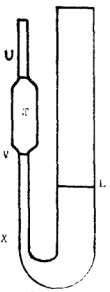


图6-25 U型管粘度计

毛细管粘度计。其原理是不同粘度的流体流过一个狭窄的管子所需的时间不同。以这样的原理设计的粘度计有U型管粘度计（图6-25），这种粘度计结构简单，在其他许多工业部门也都采用这样的粘度计。

将要测的流体装在容器中，到记号L为止，这时要测的流体的体积为一定值，将这些流体抽到容器T中，在重力的作用下，流体通过细管VX往下流动，测量液体从刻线U下降到刻线V所需的时间，流体的粘度用下式计算：

流体粘度 = 测量出的时间（单位为秒）× 本仪器系数。

选择不同尺寸的U型管，可以测量油、连结料的粘度，但这种仪器不适用于印刷油墨或粘合剂的测量。

射流粘度计的原理与毛细管粘度计的原理差不多，用于测量固定体积的流体通过小敞口所需要的时间。粘度计的主要构件是一个底部为一个标准尺寸的圆型开口的容器（图6-26）。为了测量不同粘度的液体，仪器需有许多开口尺寸不同的容器。图6-26a是油漆业所采用的，图6-26b是印刷业用得较多的。测量的方法是将油墨倒入测量容器中，让流体呈液滴状稳定地流出容器，记录下满满一容器的流体流完所需的时间。按容器底部开口的尺寸，以及流体流完所需的时间就可计算出流体的粘度。这种粘度计的精确性较差，但操作方便、简单、成本低廉，可广泛地用于

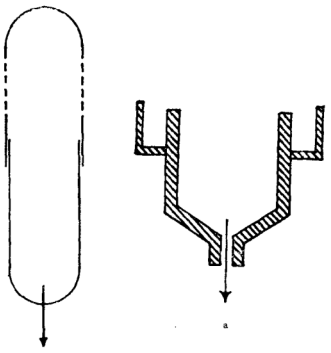


图6-26 射流粘度计

控制目的的测量。在印刷油墨的粘度测量中，只适用于那些可认为是牛顿流体的凹版印刷油墨及柔性版印刷油墨，而不适用凸版或平印所用的粘稠的油墨。

落体粘度计。落体粘度计的原理是：物体通过某一流体而自由下落时，其下落速度部分地受到流体粘度影响。这种粘度计也就是测量一个重物（球体或棒体）在流体试样中下落一定距离所需的时间，以此计算流体的粘度。

落球粘度计的重物采用一个不锈钢的球，让其在盛于玻璃管中的流体试样中通过，记录经过玻璃管上两条刻线间所需的时间，这种仪器可以对油和连结料的粘度进行精密的测量，而对透明度不高的印刷油墨就无能为力。

落棒粘度计，又称拉雷（Laray）粘度计。对凸版印刷油墨和平版印刷油墨的粘度测量特别有用。这种粘度计主要由一个较短的金属厚壁管和一根经过精磨的圆棒组成。厚壁管的孔径比圆棒的外径稍大一些（图6-27）。厚壁管垂直夹在支架上，用水平

仪调整，使管子垂直，以保证圆棒能在重力的作用下顺利下落。

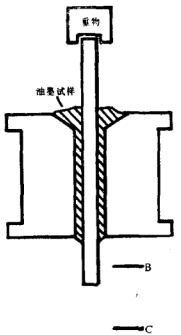


图6-27　落棒式粘度计原理

在棒上涂上要测试的油墨，放入厚壁管让其自由下落，多余的油墨都会被留在厚壁管的顶部的凹槽处。用秒表或一些更复杂的仪器（如电计时装置）来测量圆棒的底部通过某一定距离（如图中BC两点）的时间。剪切的速度可以通过在圆棒的顶部附加重物来改变。这样得到的结果通过仪器的附表可描绘出油墨的流变曲线，从而求出油墨粘度和屈服值。如仪器没有附表可由下式计算。

$$\text{切应力}(\tau) = \frac{(m+M)g}{2\pi r}(\text{dyne/cm}^2);$$

$$\text{切变速率}(D) = \frac{L}{t(R-r)}\ (1/\text{s});$$

$$\text{粘度}(\eta) = \frac{\tau}{D},$$

式中：m——圆棒重量（g）；

M——附加重物的重量（g）；

g——重力加速度（980cm/s²）；

R——厚壁管半径（cm）；

r——圆棒半径（cm）；

L——圆棒下落距离（cm）；

t——圆棒下落时间（s）。

这种仪器原本只适用于牛顿流体的粘度测试，但有附加重物之后就可以用于非牛顿流体的油墨粘度测试。改变重物的重量进行测试，将测得的数据绘图，在图中画出曲线近似直线部分与横轴

（切应力）的交点，其相应的切应力就为被测油墨的理论屈服值 τ_0。再用下式算出塑性粘度值：

$$\eta_{塑} = K\frac{\tau - \tau_0}{D},$$

式中的 K 值是因仪器的关系而加的修正值。

落棒式粘度计在印刷工业中的应用正在逐渐扩大，主要用于控制的方面。其操作简便、清洗容易，所需的油墨样品数量比其它型式的粘度计所需的油墨量要少得多。不过，这种仪器也有其局限性，由于不能用于测定已选过切变速率的油墨粘度值，这样就无法利用这种粘度计去研究油墨的触变特性。

旋转式粘度计。旋转式粘度计中最常见的是由两个圆筒组成的。外边的圆筒可由电动机带动旋转，而里边的圆筒可被动旋转，它由游丝或扭簧与指针相连接（图6-28），使这两个圆筒浸入在要测试的经过保温的油墨样品中。当外面的筒体旋转时，由于两圆筒间的油墨粘度的作用，内部圆筒受到牵引力而旋转一个角度，直至与此牵引力平衡为止，内圆筒的转动使与游丝或弹簧相连接的指针旋转，从刻度表上可直接读出，或再乘上仪器本身的系数值，就可得到在这种切变速度下的粘度值。通过改变电动机的转速（一般由变速箱而得）、两个旋转圆筒的相对尺寸，以及装油墨试样的圆筒，可以用于研究粘度变化范围很大的流体，可以使用各种切变速度以研究油墨的触变性。这种仪器构造较为简单，测试也比较方便，可直接读出粘度数值而免于计算。其手提式的仪器可以用于测量刷胶机料箱中的粘合剂或油墨墨斗中的液体油墨的特性，这类油墨粘度计适

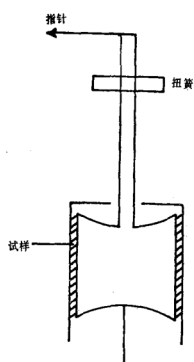


图6-28 旋转式粘度计原理图

用于塑料凹版油墨、凸版轮转油墨、照相凹版油墨等低粘度的油墨，而不适于胶版印刷油墨等具有一定的屈服值与触变性的油墨粘度的测定。

旋转式粘度计的形式也有很多种，有一些是内部圆筒为旋转的，而外部圆筒在油墨粘度引起的扭矩作用下偏转而在刻度盘上指出油墨的粘度值的。另外还有锥体粘度计（图6-29）和板式粘度计，其与同轴圆筒式粘度计相比有许多优点，多用于研究的目的。

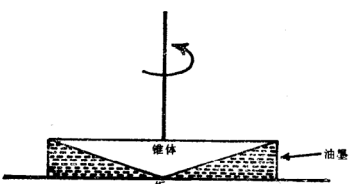


图6-29　锥体粘度计原理图

平行板粘度计。平行板粘度计的原理是流体的流动与自身的内聚力即粘度有关，粘度越大则流动也越慢，即流动度与粘度成反比的关系。平行板粘度计的测定方法是将油墨放在两块圆形玻璃板中，在一定温度下，外力使油墨扩张的程度在不同的时间间隔里不同，用在不同时间里记录下来的扩张直径计算油墨的表观粘度，公式如下：

$$\eta' = \frac{8Wgv^2t}{3\pi^3r^7 \cdot \Delta r},$$

式中：W——粘度计上玻璃板的重量，单位 g；

g——重力加速度，$g = 980\text{cm/s}^2$；

t——测定的时间，s；

r——油墨试样在时间 t 里扩张的半径，单位 cm；

v——粘度计上油墨试样的体积，单位 cm^3；

Δr ——100s时的扩张半径与10s时的扩张半径之差，cm；

η' ——油墨的表观粘度。

2.油墨粘着性的测定：粘着性的测定可以靠操作者的经验，简单地用手指测试来进行粗略地估计，即用手指把油墨涂擦在一块玻璃板上，如果在测试的同时可以有已知粘着性的试样进行比较，那这种试验方法就有相当的价值。可是，油墨试样经过长时间的贮藏之后，其粘着性很容易发生变化，为克服这个缺陷，可特别配制一些粘稠的糊状物，它可在一个较长的时期里保持稳定。

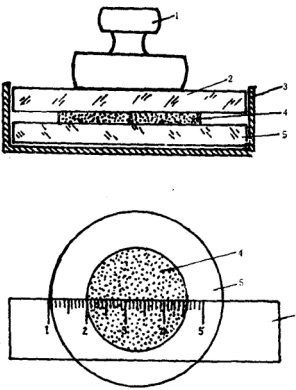


图6-30　平行板粘度计

1-砝码　2、5-玻璃板　3-圆盘

4-油墨试样　6-刻度尺

介于手指涂抹试验与昂贵的粘性计测定之间的是一种较简单的测定仪（图6-31）。在仪器顶部有一小贮油圆盘，在其上涂上油墨试样，操作者把手指放在油墨里，然后尽可能快地迅速抬起，读出指针盘上的读数，使这种试验重复进行，在指定的次数里记录下的测量值中选取最大值作为试样的粘着性的数值。

测定油墨粘着性的仪器有油墨表，这是美国印刷技术基金会在1938年发展起来的测试仪器，它是参考了印刷机油墨的传递特点而设计的仪器，后来经过不断改良，出现了几种不同的测试仪器，但在所有这类仪器中，粘着性（即分离墨层所需的力）的测定都是通过测量由电动机驱动的主动辊给予其另外一个从动辊的牵动力来进行的（图6-32）。图6-32中两个大墨辊会带动小墨辊

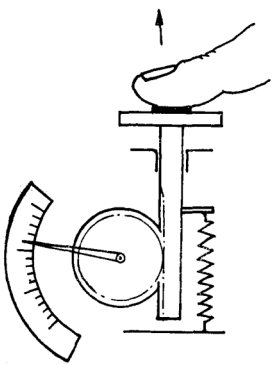


图6-31 简单的手指式粘着性测定仪示意图

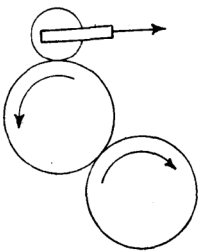


图6-32 粘着性测定仪的原理

向左运动，为阻抗这种运动施加于小墨辊的拉力的大小（如图上箭头所示）就反应了油墨层剥离时产生的粘着力的大小。同样的设计原理，也可设计成图6-33的形式。由于主动辊1的驱动，油墨层产生剥离，阻挡墨层剥离的力驱使橡胶从动辊2旋转，同时平衡锤3也随之倾斜一个角度（图b），通过计算连杆倾斜的角度就可知粘着力的大小。测定时先不加油墨，在连杆4上加重力调节平衡锤处于垂直状态（图a），加上油墨后，测定需要加多少力于连杆4才可使平衡锤3处于平衡状态，此力的大小即为油墨的粘着性的值。实际上仪器都附有刻度，可直接测定。

现代的仪器应用了复杂的方法来测量这一牵引力的大小。主动辊由金属制成，辊子的内部采用水冷，以保证墨层处于标准温度下。主动辊的转动速度可以改变，可以测量与印刷机可能出现的各种转速相应的粘着力的大小。从动辊既可用金属制作，也可

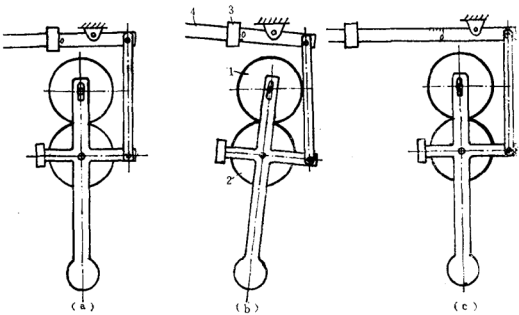


图6-33　粘着性测定仪

以用橡胶制作。

这种仪器测出的值只能是同一台试验仪器测试的结果，与别的仪器（哪怕是同一型号的测试仪器）的测试结果也没有什么可比性，因为两台仪器的墨辊间的压力、墨辊的材料以及表面加工的性状不同，都会给测试的结果带来差异。

3.油墨粘弹性的测定：如前面介绍粘弹性时说过的，现在人们用平行板粘度计测出的油墨在两块玻璃板之间扩展的直径与扩展所需时间的对数值之比来描述粘弹性，即

$$sl = \frac{d_2 - d_1}{\lg t_2 - \lg t_1},$$

式中：t_1，t_2——扩展油墨所需的时间；

d_1，d_2——油墨扩展的直径；

sl——丝头长短，用以描述粘弹性。

由于测试出的这个关系是线性关系，可以简化这个计算过程。取测试时 10^s 和 100^s 所得的油墨扩展直径，用下式计算：

$$sl = \frac{d_2 - d_1}{\lg 100 - \lg 10} = d_2 - d_1,$$

式中：d_1——10s时油墨试样扩展直径；

d_2——100s时油墨试样扩展直径。

测试方法参见粘度测试中平行板粘度计测试粘度的操作原理及注意事项。

4.油墨触变性的测定：油墨的触变性的测定一般是通过测出相应各种切应力的切变速率，绘出其流变曲线。测定时先将切应力逐渐增大到任一预先指定的最大值，然后再逐渐降低切应力值至零为止，这样测得的切变速率是一条封闭曲线，其面积的大小就是油墨触变性的大小（图6-34）。将此图与用相同的测试条件测试的标准油墨的流变曲线图进行比较，面积比标准油墨大的，其触变性也大，面积较小的触变性也小。

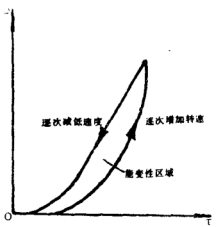


图6-34 触变性流变曲线图

触变性的测试归根结底就是流变曲线的绘制，因此只要能改变切应力的大小并能够使切应力逐渐增大而后逐渐减小测出的流变速率不相同的粘度计都可用于触变性的测试。一般采用旋转粘度计，通过改变圆筒旋转速度来达到改变切应力大小的目的。

为了简化触变性的测定，有人尝试用数字直接描述触变性的大小，这是用触变性破解系数公式计算破解系数以表示触变性大小的方法，计算公式如下：

$$T=\frac{2(\eta_1-\eta_2)}{\lg(n_2/n_1)^2},$$

式中：T——触变性破解系数；

η_1——低速时所测的粘度值；

η_2——高速时所测的粘度值；

n_1——低速的转速；

n_2——高速时的转速。

因此只要用旋转粘度计测量两种不同转速下的粘度，用上式

就可得出触变性的大小来。但测定时温度、所测的时间间隔、测量时的两种旋转速度都应有个具体规定，使测得的数据之间可以进行比较。

油墨的触变性用两种不同转速时的粘度进行描述的方法，可以人为地进行简化，如采用下述方法测定凸版轮转油墨的触变性：

$$R=\frac{\eta_1}{\eta_2},$$

式中：η_1——油墨在10r.p.m.时的粘度值；

η_2——油墨在20r.p.m.时的粘度值。

用R来表示触变性的大小，此值越大，触变性越大，流动性越小。

5.油墨流动度的测定：油墨流动度的测定也是利用平行板粘度计进行的：在两块重量为50g、直径在65～70mm的圆形玻璃板间，用吸管滴入0.1ml的油墨试样，平放在固定的金属圆盘上，并在其上压一重量为200g的砝码，然后将整体放入35℃的恒温箱中开始计时，待15分钟后取出试样，量出油量试样扩展的直径，以其来描述油墨的流动度。

油墨的流动性就是分别测试粘度、屈服值、触变性、流动度等几个指标，为了简化测定，可以采用某些能综合表示流动性的试验，如测量轮转凸版油墨时可采用图6-35的装置。测试的目的是测量一滴油墨在玻璃板上在一定的时间内垂直流动的长度。测试步骤可这样进行：在指定的温度下（如25℃）搅拌试料10分钟，将直径为5mm、长为150mm的铜棒插入油墨30mm深，拉起铜棒，油墨则沿铜棒往下流，把丝头断开后的第二

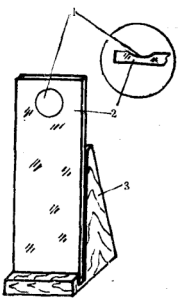


图6-35 流动性测定板
1-墨滴槽 2-玻璃板 3-插架

滴油墨滴在一块120×165mm的玻璃板的一端，然后迅速将玻璃板垂直、竖立在架子上，10分钟后测量油墨往下流的长度，以此作为流动性的一个指标，这种方法不适宜较稠的平版和凸版油墨。

二、印刷适性的测试方法

由于油墨和纸张的特性在印刷过程中互为影响，使油墨印刷适性的评价变得复杂起来，测量油墨印刷适性只有在某些种类的印刷机上进行，而且这些测试只有在标准条件下进行才是有价值的。最接近标准条件的测试装置是一台简单的印刷机或是实验室用的印刷装置，如IGT印刷适性测试仪。测试时需采用标准的油墨和标准的纸张，以建立起标准的测试条件，然后，以此对未知性质的油墨所测得的数据加以比较，估计所测油墨印刷适性的好坏。

1.平印特性的测试：平印特性指平版印刷油墨与润版药水相斥的情况。人们在很早以前就想研制出能在实验室进行测试而预先得知平印机上油墨特性的仪器。波普（Pope）和格雷（Grey）搞的一台测试仪器是比较理想的。这种仪器有几个辊子匀墨，下面的分配辊浸在平印润版药水中，由于油水不相容的原理，辊子上会因粘有油墨而造成润版液附着不上辊子，或在油墨中形成小水珠，根据这些现象来鉴别油墨平印特性的好坏。对不同的油墨进行相同的测试，则可以进行比较。

不过至今还没有出现比胶印机更完美的模拟仪器作为测试油墨平印特性的手段。

2.油墨层厚度的测试：在讨论油墨印刷适性及印刷品质量时，总是提到油墨墨层厚度，特别是印版或墨辊上潮湿墨层的厚度，这对印刷适性的研究有很大的价值。因此，许多种测试墨层厚度的仪器应运而生。这些装置的设计原理也各式各样，有辊子型的（如Chevile型和Interchem型），也有利用透镜放大压痕的测试方法（PIRA型）。PIRA型墨层厚度量规主要是由低倍显微

镜组成，测试时，将透镜压入潮湿的墨层，粘起一点油墨，如果它是从平面上粘起的就是一个圆斑点，如果是从滚筒上粘起的，就是一个椭圆形。将这个圆斑点投影到一个画有间距为0.1mm的方格的透镜上，通过放大观察，从仪器附有的表格中查出墨点尺寸与油墨层厚度间的相互关系。

3.油墨干燥性的测试：油墨的干燥性是指油墨墨层的干燥时间。最早测量的是油墨墨层在玻璃上的干燥时间，测试仪器也早就投入使用了。PIRA油墨干燥时间测试仪就是其中的一种，测试时，油墨被滚印在一圆型玻璃板上，这块玻璃板装在一个由电机传动的转动的台上，当玻璃板转动时，一支钢针在潮湿的油墨墨层上划出一条螺旋状的痕迹。油墨未干时，钢针划出的痕迹的边缘是平滑的；当墨层干燥到一定程度时，钢针划破的墨层边缘是呈锯齿状的。观察并记录下痕迹发生变化的时间，就是油墨干燥的时间。

BK油墨干燥时间记录仪是与此类似的另一种仪器。测试的原理是相同的，但划线的是6个半球形的针。这种仪器可记录下以时间刻度为依据的涂布墨层的干燥特性。记录仪上有个刻度旋钮，用于选择钢针运动的三种速度。

油墨在玻璃上的干燥时间可提供有关印刷稳定性的一些情况，但它毕竟与印刷过程中油墨印在纸张上的干燥时间大不相同。为了测试与印刷时相当的油墨的干燥特性，研制了很多专门的仪器。如PIRA研制的印刷干燥时间测试仪就是一种。取几条印上油墨的长条试样平行地固定在慢慢旋转的滚筒轴上，其上覆盖没有印刷过的纸条，一个加重的钢针以每小时3.8mm的速度沿着滚筒的轴向运动，这样，没印刷的纸张每9分钟就会转印上一小部分正在干燥的印品上的油墨，只要油墨还未干燥，空白的纸上总会留下蹭脏的痕迹，这些痕迹只有到印品干燥得无法在压力下转印到别的纸张上才能结束。取下覆盖在试样上的纸张，其转印上的螺旋状的痕迹的长度就可用于油墨在纸张上干燥时间的测量，其试样上的印刷油墨层的重量必须是已知的。

ICT印刷适性测试仪也可用于印品干燥时间的测量，测量的方法是每隔一定的时间间隔用空白的纸张进行蹭脏的测试。

氧化结膜干燥型油墨印出的印刷品的干燥情况可用测试抗摩擦性的仪器来进行。

C型干燥试验仪是在以固定速度旋转的滚筒表面覆以油墨试样和白纸，其上加上一定重量的加压齿轮，当滚筒旋转的同时，加压齿轮延着滚筒的轴向移动。用因加压齿轮的作用而转移到白纸上的印迹来测定试样的干燥时间，这台装置也可用于描述粘脏的性质。

简易的测试可以这样进行：用刮墨棒在玻璃板上刮出膜厚为75μm的均匀试样，30分钟后在试样上用手指用力按压，再立即将手指在铜版纸或胶版纸上按压，观察白纸上沾污的情况，每过30分钟重复上述过程、直至白纸上不再沾污为止，最后测定其所需时间。

三、印刷品性能的测试方法

油墨有许多特性是在印刷品上测试的。即在油墨转移到印刷纸张或其它承印材料上之后，经过一段干燥时间，再对印刷品进行测试，以此得到有关在印刷品使用期间内油墨的性能的一些情况。如用于肥皂包装的印刷品，其油墨耐皂性的数据，如广告画所用油墨的耐晒性等等，这些测试可以在颜料和树脂等的制造部门进行，也可以在油墨生产部门进行，印刷部门甚至一些印刷品使用部门都可以进行这些测试。

这些测试都必须先采用印刷油墨试样，在标准条件下进行印刷以制得试样。一些国家以及国际标准都对标准条件做了规定，给出了在一定的涂料纸和非涂料纸上制备凸印和平印油墨标准印件的详细方法。

为测定油墨机械性能和抗化学药剂需制备标准印刷品，如果用于测试的印刷品之间并没有什么相同之处，也就是说印刷品没有按标准方法制备，其测试结果也只有相对的意义，各次测试

之间也没有可比因素。因此必须按一定标准制备标准印刷品。国际标准化组织为此制定了标准，请参见“ISO 2834 印刷油墨——为测定抗物理和化学药剂制备标准印刷品”里的详细内容。

制备标准印刷品就是将一定量的油墨在一定面积的平坦的标准纸上均匀地铺开。油墨墨膜的厚度按所遮盖的着墨面积来计算。油墨的涂布方法可以用任何一种能均匀涂布油墨的印刷方法就行了。一般在涂料纸上，油墨涂布的数量大约是 $1.5\rho\ g/m^2$（这里 ρ 为所用油墨的密度，单位以 g/cm^3 来表示），在非涂料纸上，油墨涂布数量大约是 $2\rho\ g/m^2$。印刷时的面积至少为 $20\times50mm$，印版用的网线，涂料纸为54线/cm，非涂料纸为 48 线/cm。网点成数为50～60%，如果用于测试抗溶剂的能力时用70%的网点。印出的墨膜保证网目清晰、没有堵版现象。

对标准印刷品的承印物，不同的测试有不同的要求。例如对用于测试耐光性的标准印刷品，所用的纸张需是两面涂布的耐光纸张，其中不含有漂白剂，不含机械木浆，纸张定量最低为 $150g/m^2$。又如用于测试抗溶液、溶剂和抗碱性等的用液体对样品进行测试的标准印刷品需采用高光泽的未裁切的砑光纸，其中也不含漂白剂，不含机械木浆，纸张定量至少为 $100g/m^2$，能印出 48 线/cm 网线的优质印刷品。纸张的化学性质尽可能为中性。

对于凹印油墨等溶剂性油墨，由于其会挥发，墨膜厚度按油墨的未挥发量和使用量来计算：

$$l=\frac{Va}{\rho S}\times10^4,$$

式中：l——干墨层的厚度，单位是 μm；

V——所用油墨（湿油墨）的量，单位是 cm^3；

S——印刷面积，单位是 cm^2；

a——油墨未挥发部分的量，单位是 g/cm^3；

ρ——干油墨密度，单位是 g/cm^3。

油墨在印刷后要在正常的温度和湿度条件下在流通空气中至少干燥24小时后再进行上式的计算。试样的印刷面积至少应为15mm×100mm，试样的承印物使用定量为140 g/m²的凹版印刷纸，其中不要含有机械木浆。承印物应耐光，有高光泽，并能获得每平方米达10cm³墨量的油墨转印或着墨性能很好。

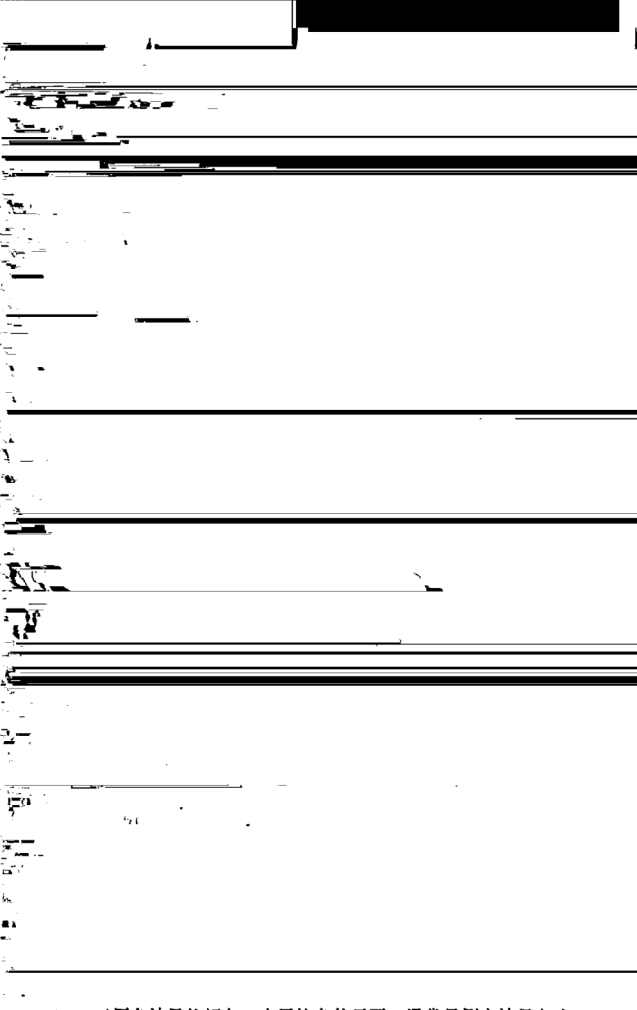
标准印刷品制备好后，就可以进行油墨的性能之测试了。

这些试验归纳一下有这么几类：测试油墨的光学特性，如油墨的颜色、光泽等；测试油墨的耐抗特性，如耐摩擦性、耐光性、耐水性、耐溶剂性、耐酸性、耐碱性、耐化学药品性、耐油脂性、耐脂肪酸性、耐洗涤剂性、耐石蜡性等。

1.油墨的光学性能的测试：印刷品是靠光反射到人的眼睛而为人们所感知的，不过，人们对于印刷品的颜色、光泽等性能的判断力却很差，除非用标准印件与所要测试的印件加以比较，否则很难提出好坏的标准来。在比较时，还要求所测试样与标准印件有大致相等的墨层厚度，才能加以比较。这样的测试方法也受测试人的观察习惯、情绪的影响，测试结果也因人而异。为了更客观地取得油墨光学特性的一些情况，还需依靠精密的测量仪器来进行。

油墨的颜色指油墨涂布在承印材料表面上的颜色。测试油墨是在白纸上印刷而成的试样上进行的，因此油墨颜色受纸张本身颜色的影响，也受纸对油墨吸收性大小的影响；测得结果也因墨膜厚度而不同，墨膜厚则颜色深，油墨干燥与否对光的反射、透射与吸收都有影响，从而影响测试结果，因此标准印刷条件的建立是测试结果具有复现性和可比性的保证。

测试油墨颜色一般是用不同波长的色光分别照射油墨色样，测出油墨色样相应的反射率，在以波长为横坐标、反射率为纵坐标的图上标点描绘出曲线来，其图形可说明油墨的颜色。测试的仪器可用分光光度仪，其原理如图6-36所示。其测定的结果就是一条分光光度曲线，从中可了解油墨的色相和饱和度。



进行比较，看色相是否相同。此法叫刮样检验法。

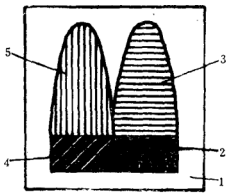


图6-37　油墨刮样比色示意图
1-试样纸　2-标准墨　3-标准墨刮样　4-油墨试样　5-油墨试样刮样

另外，印刷厂常用的有搭色法，即用两小块铜版纸相互摩擦置于纸上的微量油墨，使其形成油墨薄层，然后与标准试样相比较。这两种方法最好要在无色偏的灯光下进行，观察时要分别对油墨表面颜色及底色进行比较。

2.油墨透明度的测定：油墨透明度的测定原理是比较两种相同厚度的油墨遮盖黑线的程度。使墨样形成墨膜的方法可借鉴于其它测试方法，如刮样法。测定方法也可以用透射型光学仪器进行。

3.油墨的光泽度测定：这可借用纸张光泽度检测仪。测试时所用的试样一般采用印刷适性仪测得的，墨层的厚度和平整度对光泽度影响不小，印刷用纸的平整度对光泽度影响也很大，因此要采用表面平整的涂料纸。油墨的干燥是否充分所测得的数据也不同，未干透的油墨光泽度往往偏高。因此测试时对相应的条件需有一定的规定，以免测试的数据没有可比性。

4.油墨耐光性的测定：印刷品的耐光性指在没有恶劣天气直接影响下对日光的抗力，按照这个定义进行测试，就是按照指定的条件，将试样暴晒在日光下，然后以各种标准蓝测定耐光性。标准蓝是借用了纺织业测试纺织品褪色试验的标准蓝样品。标准蓝是羊毛织物按有规律的几何级差排列的蓝染料染成的八个级别的样品，因为这些染料几乎不受温度、湿度变化的影响，因而对于各种各样的印刷品，不论它们的颜色、品种和亮度如何，都可以此作为标准样进行比较，以8级蓝羊毛标准样品的相应一级的数字来表示，其中1表示耐光性最低级，8表示最高级。

放置曝光设备时，在北半球的面向南，放置的角度与所处地区的纬度大致平行。放置设备的地方应没有任何物体的阴影落在

其上。并在试样上覆以玻璃片，保证试样不受天气影响。玻璃片各边至少大出试料 5 cm，玻璃片对于波长为370 至 380nm之间的光应有90%的透光率，对于300至 320nm 之间光应不透射。要曝光的试样一部分用厚度至少为 0.5mm 的纸板遮盖，如果用铝片盖住纸板，还可阻止红外线辐射。

试样在曝晒开始的最初阶段，要注意观察有无明显变化，然后在曝晒一天之后，看试料变化相当于标准样品的那一级。为了有步骤地分析一套印刷样品，可以按这样的步骤进行：在变化相当于蓝色染料的标准 3 级的级差之前，全部印刷样品一直曝晒不动；在达到 3 级变化时，将印刷品和标准样品的曝晒部分遮住约四分之一，继续曝晒，直至变化到达 5 级时为止；将剩余部分再盖住四分之一，继续曝晒，至变化到达 6 级为止，再遮盖四分之一，继续曝晒，直到清晰可辨变化达标准 7 级为止。这种方法可在一次试验的过程中测定各种印刷品的不同等级的耐光性。

耐光性的测试如果通过将印刷品暴露在阳光下来进行测试是既费时间，又难于付诸实用的，虽然这种方法最接近于印刷品在实际情况下遇到的真实条件。实际测试方法常将印刷品与已知耐光性的染色毛织品样品并排固定在曝光架子上，印刷品的一半被玻璃保护而不致于褪色，与样品的距离不少于 50mm，然后采用强光源照射。使用强光源的优点是可不受气候的影响。如果采用水银灯或密封的碳精灯，可能得出错误的结论来，因为这些光源含有短波紫外线，虽然试样不暴露在日光下，但印刷样品在紫外线的照射下会很快褪色。建议采用高压氙灯作为测试光源，其光谱很类似日光照射的条件。

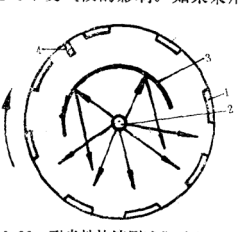


图6-38 耐光性快速测试仪示意图
1-试样夹子 2-紫外线灯管
3-反射镜 4-温度计

耐光性快速测试仪的示意图如图6-38所示。它的光源是

强度很高的紫外线灯，装在试验仪的中心轴上，固定不动，灯后面有弧形金属反射镜，使灯光聚合集中照射。油墨试样是在标准条件下印刷的印样，用白纸遮盖一半，夹在试样夹上，试样夹固定在由电机驱动的旋转鼓轮内壁上，鼓轮一端有通气孔，以控制鼓轮内的温度。试样经过一定的时间，在一定的光强下照射后，去除遮盖的白纸即可进行比较。

5.油墨耐摩擦性能的测试：印刷品在使用时要受到各式各样的摩擦，对油墨的耐摩擦性的研究也就很有必要。不过，用手将一张印品与另一张印品相互摩擦并不能获得令人满意的耐摩擦性数据来，因为它不能使摩擦的压力和速度标准化，要使耐摩擦性的数据之间有可比性，必须有耐摩擦性测试仪。测试仪的种类很多，其测试原理也不同。

手动往复式测试仪是英国普罗克特（Proctor）和甘布尔（Gamble）两人发明的，主要用于测试肥皂和去污剂包装产品的耐摩擦性，由简单的木制框架a和滑块b组成，a上有一个槽，它与滑块b的尺寸是有标准的。滑块可用手作前后往复运动（图6-39）。印品试样夹在框架a上，滑块b的底部。

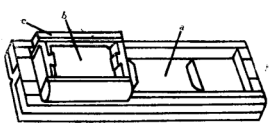


图6-39　手动往复式耐摩擦性测试仪

另一种测试仪是PIRA测试仪，印品试样固定在两个不同直径的盘子上，它们在相互接触的状态下转动。萨瑟兰（Sutherland）耐摩擦性测试仪中，一张试样贴在一长方形的金属块上，另一张固定于一多拱形部件上，多拱形部件在金属块上往复拉动，以此测量油墨的耐摩擦性。

6.油墨耐水性的测试：这里指印刷油墨成膜后耐水的能力。测试时可将印品以一定的压力夹在两块玻璃板之间的两张潮湿的过滤纸之间，在一定的温度下（如20±2℃），置于水蒸气的饱和的大气压下（如用油纸包好或密封在聚乙烯塑料袋中，或是置

于盛满水的干燥器内），压以一定重量（如1 kg砝码），在一定的时间后（如24小时），取出试样，在40℃的温度下进行干燥，然后观察印刷品的颜色是否变化，滤纸上有否串色现象，印刷品上的油墨膜是否完整无损，粘附性是否保持不变，以此对油墨的抗水性能作出估计。如要作出数据，可将其与标准印刷品作出的试验结果相比较。

7.油墨耐溶剂性的测定：耐溶剂性的测定方法是将油墨印刷样品置于规定的溶剂中浸泡一定时间，然后依溶剂的染色情况和样品的颜色浓淡变化来估计油墨的耐溶剂性。

试验时，将试样条在20±2℃的温度下置于装有指定溶剂的试管中，溶剂的种类可为改性工业用乙醇、也可是丙酮（占体积的10%）、乙氧基乙醇（占10%）、醋酸乙酯（占30%）、甲苯（占20%）的混合物。试样浸泡的时间为5分钟，在40℃的温度下干燥10分钟，然后将试样与没处理过的样品相比较，或将试管中的溶液与在类似试管中的新鲜的溶剂进行比较，看有无发生褪色现象，并检查油墨膜是否完整无损，粘附性是否保持不变，然后对油墨的耐溶剂性作出评价。

8.油墨耐酸性的测定：油墨耐酸性的测定是将印有油墨的样品浸泡在2%的硫酸水溶液中进行的，在20—25℃的温度下浸泡2小时，观察印刷品和溶液的颜色变化，以此评价印刷品上油墨的耐酸性。如果是盛食醋的软包装，则可用3%醋酸溶液做同样的试验。

如果是以纸张为承印材料的，可以用浸过酸液的滤纸和试样贴合，夹在两块玻璃板之间，压以一定的重量，间隔一定时间取出，冲洗去试样表面的酸液，干燥后观察印刷品变色情况，以及滤纸表面有无串色现象，同时检查油墨墨膜是否完整，粘附性是否保持不变等等。以此对油墨耐酸性作出一定的评价。

9.油墨耐碱性的测定：油墨的耐碱性指印刷品对稀释到一定浓度的氢氧化钠溶液的耐抗能力，测试时，是将印有油墨的那一面与在浸过氢氧化钠溶液的滤纸紧贴，然后根据印刷品和滤纸的变

色情况作出耐碱性的估计。

测定时，应根据不同的油墨选择不同浓度的氢氧化钠溶液，如用于凸印、平印、丝印的油墨采用2.5%的氢氧化钠溶液，用于柔性版印刷和凹印的印刷油墨采用1%氢氧化钠溶液。也可采用所要测定的对某种碱的耐抗性。将试样与事先在氢氧化钠溶液中浸渍过的滤纸贴合，夹与两片玻璃板之间，压以一定的重量（如1 kg砝码），在一定的时间后取出（如10分钟），用清水冲洗掉样张上的碱液，这可用酚酞指示剂得知冲洗干净与否。然后在温度约为50℃的烘箱中烘烤10分钟。滤纸则不必冲洗，自然干燥。将经过冲洗并干燥的试样与未经处理的印刷品相比，检查印刷品变色的情况；检查滤纸上有无串色情况；同时检查油墨墨膜是否完整，粘附性是否保持不变。这样就可对油墨的耐碱性作出评价了。

有些试验是将碱液直接搓擦印刷表面来进行的。

10.油墨耐皂性的测定：耐皂性指油墨耐抗一定浓度的碱性皂液的能力，一般为1%的新鲜标准皂液，标准皂含有高浓度（89%）的脂肪酸，而脂肪酸三分之一为牛脂、三分之一为植物油及三分之一为椰子油。测试时将试样与事先在标准皂液中浸渍过的滤纸（至少三层）贴合，夹于两块玻璃板间，在充满水蒸气、温度为20±2℃的环境中以1 kg的砝码压放3小时。取出试样，用水冲洗样张至中性，可以酚酞指示剂测定，将试样放入40℃的烘箱中烘烤30分钟，而滤纸则不必冲洗，令其自然干燥。最后，将样张与未经处理的样张相比较，并检查滤纸上有无串色现象，油墨墨膜是否完整，粘附性是否保持不变，综合上述情况，对油墨的耐皂性作出大概的估计。

11.油墨耐去垢剂性的测定：测试时，将试样与事先浸渍过去垢剂溶液的滤纸（至少三层）相接触，去垢剂溶液浓度在3%之下，通常为1%。用两面玻璃板夹住试样与滤纸，在充满水蒸气、温度为20±2℃的环境下，以1 kg的砝码压放3小时，如去垢剂浓度为3%，则压放1小时。取出试样，用水冲洗掉去污

剂溶液，在不高于40℃的烘箱中烘烤30分钟；滤纸则不必冲洗，令其自然干燥。将试样与未经处理的样张相比较，并检查滤纸上有无色斑，油墨膜是否完整，粘附性是否保持不变，综合上述情况，对印刷油墨耐去垢剂的性能做出评价。

12.油墨耐食用油脂及脂肪性能的测定：这种测定分两种，一种是油墨对在20℃下能凝固的油脂的抗力，一种是油墨对在20℃下呈液态的食用油脂的抗力。对20℃下能凝固的油脂，应使印品受印一面尽量与试验用油脂直接接触，可轻微施压，以保证接触良好，在温度为20±2℃的环境下静放24小时。然后，在4±2℃的冰箱中置放1小时，以便试样剥离油脂，进行检查，看脂肪表面有无串色，印刷品颜色有无变化。

对20℃下呈液态的食用脂或食用油的测定，可将样张受印面与至少三层事先用油脂浸渍过的滤纸紧贴，用两块玻璃片夹住，以1公斤的砝码在20±2℃的温度下压放24小时，取出试样，与未经处理的试样相比较，并检查滤纸有无串色，墨膜是否完整，粘附性有无改变。

13.油墨耐蜡性的测定：耐蜡性指印刷品对熔化的蜡或石蜡的耐抗能力。测试时，将石蜡熔化，但试验时的石蜡温度不超过石蜡熔点之上40℃，将试样浸渍在石蜡中，留一白边，5分钟后取出，将试样悬挂起来，白边朝下，让印有油墨的浸渍在蜡中那一部分上的石蜡往下淌，通过白边滴落进试样下的小盆中。检查印刷品的颜色有无变化，试样中白色部分或小盆中滴落凝固的石蜡有无变色，同时检查墨膜是否完整无损，粘附性是否保持不变，以此对印刷品的耐蜡性作出估计。

在这个试验中，应注意在较高的温度下，印刷品也会因承受不住高温而变色，而并不是由于浸渍石蜡而引起的。

14.油墨耐香料性的测定：印刷油墨耐香料性指油墨成膜后对指定的香料的抗力，以样张受印一面与涂上香料的滤纸接触后，不应发生任何变化，包括抗摩擦力和变色现象。

测试时，将样张受印一面与涂有至少8mm厚香料的滤纸接

触，其上加盖玻璃片，并压上500g的砝码，在20＋2℃的温度下保存7天，取出试验纸与未经处理的样张相比较；并检查滤纸上有无串色现象，以及油墨墨膜是否完整，粘附性是否不变。另外，根据指头施压所进行的摩擦，估算样张的抗摩擦力，并与未经处理的样张加以比较，以此对油墨的耐香料性作出综合性评价。

测试时应注意香料的形态不同（如加工过的和未加工过的）、储存方法不同和时间的不同，对油墨的影响也不同。

15.其它试验：对某些用于特殊用途的油墨需经专项检验。这一般没有硬性规定，通常是以油墨在某一特定条件能达到某种程度即认为是符合要求的。如有些油墨用于印刷需经烘烤的印刷品，就需做耐热性试验。

对于与食物包装有关的油墨，需分别针对所生产的各种油墨分别检测，规定出可用于食物包装的油墨的型号和厂家，供印刷厂选用。这种试验一般是对印刷品的样张或油墨试样进行铅和其它有毒物质含量的分析。

如果要用胶纸带在印刷品上粘结的，可以用胶纸带在试样上粘结，使粘面紧紧贴附在印刷面上，然后迅速剥掉这层胶纸带，根据油墨被揭去的面积评定油墨墨膜与纸张的粘结能力。为使试验的结果具有可比性，各次试验所用的胶纸带宽度、撕开胶纸带的速度、印刷试样的印刷方式、材料的方向性等，都应有统一的规定。塑料薄膜印刷品可用此判断墨膜附着牢度。

有的印刷品（如塑料薄膜印刷品）要进行搓揉试验，有的要进行搔划试验，也就是用指甲或针划墨膜，观察墨膜被破坏的情况。搓揉次数（如10次）和搔划次数（如5次）应统一，观察墨膜破坏情况，以优、良、可、差、劣五等来评定。

塑料薄膜印刷品还可测试其耐热封缄性、耐冷冻性、油墨气味、耐粘连成块的性能等等。

四、油墨其它性能的测试方法

1.油墨的细度测定：油墨细度是由细度计测试的。细度计

(图6-40)中部有一槽，其深度是从0μm至25μm呈线性变化的，在槽内最深处放上经稀释的油墨试样，将刮刀刀刃垂直于细度板沿凹槽移动，刮刀将油墨试样刮成薄层，从薄层中因油墨颗粒通不过刮刀而划出的线条的起始处，对照细度仪槽边的刻度来判断油墨中颗粒的大小。有些标准对细度仪的使用有更明确的规定，如刮刀从25μm深的地方向0μm方向刮动，刮刀的速度应均匀一致，时间为4秒以上；读取试样层出现3条线的刻度值和出现10条线时的刻度值，用来描述细度的大小。

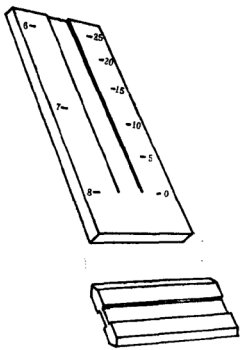


图6-40 细度仪示意图

检验细度的另一方法是用显微镜观察。

2.油墨比重的测定：油墨的比重可以用称取一定容积试样的重量的吸管法，也可以用从任意容积试样的重量来求出比重的比重瓶法来测定。

称取一定容积的方法可以用微量容积仪，也可用医用注射器或吸墨管。测取这一容积的重量后用下式计算：

$$d = \frac{a-b}{v},$$

式中：d——比重，1cm³油墨的重量；

a——容积仪和被试油墨的总重量；

b——容积仪本身的重量；

v——吸入被试油墨的容积。

比重瓶法采用的是哈巴特比重瓶，先充满油称其在某一温度下的重量，然后洗净比重瓶并加以干燥，放进1～2g油墨称量

之，再注满油。在同一温度下进行称量，用下式计算：

$$d = \frac{(C-A)\times E}{(C-A)-(D-B)},$$

式中：d——油墨的比重；

A——比重瓶的重量，g；

B——比重瓶充满油时的重量，g；

C——加入试样时比重瓶之重量，g；

D——加入试样和油时比重瓶之重量，g；

E——油之比重。

3.着色力测试：这是测量一种油墨试样与标准墨样之间的浓度高低的。测试原理是往一定量的所要测试的油墨和标准油墨中加入一定倍数量的标准白油量，然后进行对比，往色调深的油墨中再加白墨，直至色调基本一致时为止。按下式计算：

$$S = \frac{B}{A}\times 100\%,$$

式中：S——试样的着色力，%；

A——冲淡标准墨样所用的白墨量；

B——冲淡测试墨样所用的白墨量。

测试时的标准白墨可用75%氧化锌和25%亚麻油配制而成。或用含60%金红石钛白粉的白油墨。测试时添加比例可为10∶1，也可为20∶1，添加的比例可按重量法计算，也可按体积法计算，重量法的准确度比较高，因此为大多数国家所采用。体积法可用来测定溶剂型油墨。

测试时用玻璃片在分析天平上分别称取0.2g标准油墨和要测试的油墨，加入2g标准白墨调匀。取少量冲淡了的标准油墨和要测试的油墨置于刮样纸上方，两者相近不相连。用刮刀自上而下将油墨刮成薄层，刮样方法如前所述。判断标准试样和测试试样的色调之区别，如果测试试样油墨颜色深，则可往所测试的试样中增加白墨，如果所测试试样的油墨的颜色浅，则可减少掺入试样中的白油墨的数量，直至两者的颜色达到一致时为止，然

后按公式进行计算。

测定白墨时可往试样中加入测试重量十分之一的黑墨，以便于观察、判断。同样，测试黄墨时可往黄墨里加入蓝墨，使之变为绿色，就很方便可判断了。

第八节　油墨的贮藏

印刷中油墨用量比纸张用量要小得多，因此油墨一般用几公斤的铁罐贮存，由于氧化干燥型的油墨接触空气会氧化聚合干燥，溶剂性油墨的溶剂会挥发而干燥，其它油墨也会因环境的影响而干燥，因此油墨都需密封保存。

对氧化干燥型油墨来说，油墨罐上方的空间和油墨里面所含的氧气会引起油墨胶化，即油墨粘度增加、结皮，这是因为空气中的氧与油墨中的不饱和油或树脂（如亚麻仁油）反应而使油墨干燥。如果油墨贮藏时不与空气隔绝，那么油墨不断氧化干燥，则最终必定使油墨流变性下降以至报废。因此，氧化干燥型油墨不仅必须密封保存，罐内的空间也要尽可能小。

油墨贮存时间不宜过长，因此，油墨的库存量要根据生产用量进行计算，尽量使其保持在最低限度。库存时间最好不超过三个月，这是因为平版、凸版用的氧化聚合型油墨在长期贮存以后，印刷时不易干燥。因此如果使用长期贮存之油墨，可适量添加干燥剂（燥油）之后再使用。

由于温度会使油墨的粘度发生变化，油墨贮藏时应注意避免过冷或过热，要使油墨贮藏的地方的温度和印刷车间的温度差尽量小，这样可以缩短调墨时间，印刷效果也更好。

凹印油墨中含的有机溶剂（苯类或汽油）是易燃物质，因此凹印油墨贮存时须严格按消防防火的条例进行贮存，远离火源放置。而且甲苯等溶剂是对人体有害的物质，保存时亦应给予充分的注意。

第七章　胶辊和橡皮布

第一节　胶辊的种类

在各种类型的印刷机上我们都能找到胶辊，如用来匀墨的墨辊，胶印机上给印版涂布润湿液的水辊等。辊子最初只在凸印和平印印刷中应用，辊子的使用都是成组的。例如在输墨系统中，出墨辊将油墨从墨斗中传出来，串墨辊将油墨打匀并形成一层厚度基本一致的墨膜，而着墨辊是用来将油墨传递到印版上的。这些辊子可分为两类：一类是硬质辊，一类是软质辊。软质辊是在钢制芯轴外面适当地包覆上一层弹性材料而成的，可以用来制作弹性辊子的材料很多，性质也大不相同。如明胶、硫化油、皮革、天然橡胶、人造橡胶、聚氯乙烯和聚氨基甲酸酯等等。根据胶辊的不同用途，应选择不同硬度的材料。如卷筒纸凹印机中的压印辊使用的是硬橡胶包覆的辊子，而柔性版印刷机上使用的是软橡胶的辊子。又如凸印机使用硬度40～45邵尔度的辊子，而胶印机使用50邵尔度的辊子。各种印刷方法对墨辊提出的要求不同，如平版印刷所用的墨辊对水就需有一定的抗性，而明胶辊遇水会发生膨胀，所以在胶印机上就不应使用明胶辊。我们在选择制辊材料时不但要注意到材料对辊子性能起主要影响的特性，也要考虑到材料的表面质量、使用寿命和硬度等一些性能，还要考虑到为改善这些特性而添加的少量配合剂的种类及剂量。在一定的条件下，适量的添加剂可以使所选用的材料达到所需的性能指标。

胶辊的表面应尽可能是光滑的，当然，有些场合下胶辊需要做成有纹理的，但大多数胶辊还是要求具有光滑的表面。胶辊应是规则的圆柱体，其尺寸需严格地控制在公差带内。而且辊子的尺寸在温度和湿度变化的情况下也不允许有很大的变动，这就要

求制作胶辊的材料要有较高的熔点，并能适应印刷车间所具有的高湿度条件。如果生产胶辊是用来供应各地的，则生产时就应考虑到材料能适合热带的潮湿气候或非常干燥的环境。实际上胶辊在变化的条件下是允许有一定的膨胀或收缩的，只要辊子不在这种条件下产生相当的变形或丧失机械强度，就不致于给印刷质量带来太大的影响。

胶辊必须能耐油墨腐蚀，而且不会使油墨中的任何成分析出，同时在油墨的作用下尺寸不应发生变化，亦不应发生变形，油墨的组分也不应渗透进胶层表面中去。如果胶辊不能满足这些条件，胶辊表面的性能将发生改变，油墨也可能在胶辊表面的孔隙中干燥，这样在清洗墨辊时就很难将其除去。相反地说，使用印刷油墨时也应考虑到油墨中应不含有损害胶辊的组分（如溶剂或添加剂）。

胶辊需有很好的亲墨性能，要使油墨能粘附在胶辊的表面，同时又能很容易地传递到其它辊子的表面。

胶辊必须有足够的弹性，以保证不需使用太大的压力就可以对稍有不平的印版（例如凸版）表面施墨，并且要求辊子将油墨传递到印版之后，一旦离开印版就能立刻恢复原来的形状。这些变形、回复过程是重复地连续地进行着的，要求不因摩擦而使温度升高。这种变形和随后即能恢复原状的能力指的是辊子应当具有无塑性流动的足够的弹性。

胶辊的包覆材料必须具有一定的硬度和足够的耐久性，以抵抗在高速运转下墨层剥离的力量，也就是说，墨丝在两个辊子之间无数次地断开时，不会给辊子的特性造成任何伤害或削弱。

胶辊的包覆材料要求不氧化或老化，并具有很好的耐磨特性；采用普通清洗剂就可以很容易地进行清洗；从深色油墨转向浅色油墨的清洗工作应能迅速完成；便于贮存、保管；价格便宜。

胶辊的包覆材料和芯轴的粘接能力应良好，并能持久保持一定的强度。

找到合用的包覆材料，还需考虑辊子的设计问题，如根据包覆层的厚度考虑芯轴的强度、重量、驱动方法、轴承的润滑、印刷速度以及辊子必须完成的工作的种类。

没有一种包覆材料能令人满意地具备上面所述的各种性能，但还是有几种材料是比较好的，印刷胶辊合理采用这些材料可以得到良好的效果。

一、皮革墨辊

皮革墨辊是早期使用的墨辊，用于胶印机和其它平印机的靠版辊。适用于干性油型油墨、热固型油墨、湿固型油墨和水溶性油墨。皮革墨辊承载油墨的性能很好，如果皮革没有纹理则印刷效果会更好。

皮革墨辊选用的是牛皮，将皮裁割后用手缝制，形成一个皮筒，将皮的内面，即与肌肉连接的那面朝外，联接的地方要非常仔细，然后翻面套在一个用橡胶或法兰绒衬底的金属芯棒上，用油涂布制成一层防水层（可用动物油或凡士林油擦入到皮革中去，也有使用橄榄油、蓖麻油的）。然后再让辊子在很稠并且慢慢变稀的清漆中滚过，辊子就制成了。

这些皮革墨辊在使用后会慢慢伸长，可以使用收紧工具绷紧，然后将过长的皮革割去。皮革墨辊不用时，要经常涂抹一些蓖麻油。皮革必须经常更换，把磨光的辊子报废掉。

皮革墨辊不容易清洗，清洗时要使用松节油，用硬的鬃毛刷子刷洗。皮革辊必须经常清洗，并且必须在油墨干燥之前就进行，如果清洗不及时、不彻底，就会给下一次印刷带来麻烦。

皮革墨辊有两种，一是带绒毛皮辊（nap roller），一是釉光皮辊（glazed roller），釉光皮辊从一种颜色油墨改用另一种颜色时比绒毛皮辊要容易，釉光皮辊是一种在皮革辊表面涂布了某种干燥后发硬的油墨而制成的，例如可使用一种深褐色的掺有干燥剂改变浓度的油墨。皮辊上的油墨干燥时可以再重新涂上一层薄薄的同样的油墨。

由于皮革辊制作困难，使用前需要做一套繁琐和特别的准备工作，使用后还需特别用心清洗后贮存，所以这种辊子已基本上不用了。

二、硫化油辊

硫化油是不饱和的碘值超过80的干性油（例如亚麻仁油和菜籽油）与氯化硫反应生成的暗颜色的油膏。干性油如果直接与硫反应也可制成棕色的硫化油。

当氯化硫被放入菜籽油中搅拌时就生成团状的胶状物，这就是硫化油。这个反应放出一定的热量。制备硫化油时要记住以下几点：

①氯化硫遇水则水解，因此在反应中必须除去所有水分。

②反应会放出氯化氢，这就需要用氧化钙、氧化镁或碳酸来进行中和。

③氯化硫的用量必须准确。用量如果太少只会获得粘稠的液状物；用量如果略少，所得到的胶状产品有发粘的现象；如果用量过多会生成深棕色的产品，这是由于过热而烧焦的迹象。

④可以用非极性溶剂控制放热反应，例如使用石油溶剂。

下面是制备硫化油的配方一例：

精制菜籽油	77.0%
氯化硫	13.5%
石油溶剂	9.0%
碳酸镁	0.5%

此反应在150℃的温度下需进行 3 ～ 4 个小时。

深棕色的硫化油是由油和硫直接反应生成的。把菜籽油加热到210℃，然后逐渐冷却，到 190℃时加入硫黄，把液体保持在160℃直到凝固为止，在反应时可以使用环已基胺作为催化剂。

硫化油辊的表层比较强韧而内部比较软，这就要求用同样的材料制成不同的两层。

制作硫化油辊可这样进行：在一个烘炉中加热钢铸模，铸模

的一端有浇口杯，铸模以2000r.p.m.的转速旋转。将一定量的热石蜡通过浇口杯灌进铸模中，在离心力的作用下，石蜡均匀分布在铸模的内壁，形成了大约1.5mm厚的一个薄层，然后用冷水喷淋铸模的外部，使石蜡在原来的位置上固化，再把将来要形成外层的硫化油倒入旋转铸模中，靠离心力的作用沉积在固态石蜡上形成一层5mm厚的薄层。20分钟之后，油已经充分地凝固，就可以将铸模垂直地装在一个特制的架子上，在铸模的下端安装上定位装置，这样就可以保证芯轴将来是在中心的准确的位置上。在铸模的顶部装有冲洗器，在每个铸模中的外层与芯轴之间倒入形成联接作用的液体油，其中含有充足的硫化剂和凝固剂，两个小时之后就可以将铸模取下。

将铸模在远红外线烘炉中加热，熔化掉石蜡层，这样就使辊子很容易从铸模中取出，铸模中的石蜡层粘着在铸模上，并且决定了辊子在磨削加工前的直径。由于硫化油收缩不均匀，辊子铸造后通常都要经过修整，把它们加工到所需尺寸，并在两端装上大约3mm厚的黄铜挡圈，在接缝处灌满外层的混合液，这样，经远红外线烘炉加热之后，硫化油辊子就基本完工了。

这样的辊子需要进行无光泽的柔软的抛光，在车床上使用一个装在床身上的磨轮，将辊子加工到所需的尺寸，比较小的芯轴可用顶尖装卡，比较大的芯轴可卡在轴肩上，以保证辊子的挂胶层的最终外圆与芯轴同心。

硫化油辊不象皮革辊那样有接缝，也不会在版上留下皮革纹理的痕迹。硫化油辊可作为匀墨辊用，装在胶印机上两根钢辊之间，在凸印机上用作墨斗辊或靠版辊，既可用于干性油型油墨，也可用于水溶性油墨，但不能用于新闻油墨、湿固型油墨以及热固性油墨。它通常用来作硬度低于35～40邵尔度的墨辊。

对高速印刷来说，这种墨辊相当软，但它能保持其形状又具有足够的韧性。硫化油辊不受气候变化的影响也不受水的影响。清洗时可用石蜡或煤油进行，如果操作细心也可以使用50%氢氧化钠溶液清洗。

虽然，硫化油辊比起皮革墨辊算是进了一步，现在也有些改进了的硫化油辊在使用，但这种辊在使用中仍有许多缺点。对于清洗来说，硫化油辊多孔，在清洗时不能使用酮类、芳香族烃、松节油和溶纤剂一类的溶剂，否则会使胶辊变形。辊子的贮存条件很差时，靠近热的地方会出现脱胶情况，如果硬度很低时则就失效报废了。近年来已改进生产出较耐热的能适用于高速运转的印刷机的辊子。

这种辊子不能承受硬物，否则会磨损、擦伤。不过辊子擦伤或使用过度后可很容易地重新研磨。但辊子表面如果清洗不净，留下干燥或氧化聚合的油墨层，会使辊子表面产生裂缝，这样就不能返修了。

三、明 胶 辊

早在1820年就已经制造和使用了胶浆辊，由于胶中的水分蒸发，使得辊子在使用中出现变硬和收缩的现象。这种辊子一直没有得到更好的应用。直到 19 世纪末 20 世纪初采用了加入甘油成分和使用 Galting 枪式铸造系统才得到改观。现在使用的有几种成分不同的辊子。

明胶-甘油铸辊适用于较低速的凸印印刷机，但由于热量的积聚会使辊子熔化，所以不适用于高速机。这种辊子在磨损后可以重新涂布，并且大部分成分是可以回收的。加入某些促进硬化的化学药品就可制成在较高温度下不熔解的胶辊，这种胶辊适用于转速较高的印刷机，但仍不能用于高速轮转印刷机，其成分也不容易回收。还可在金属芯轴上挂一层橡胶，再在橡胶上进行表面涂布，这层涂布的明胶很薄，可以用热水洗掉，然后再次涂布，这是这种胶辊最大的优点。

明胶辊大体由等量的明胶和甘油组成，并带有相当一部分水。加入一些具有粘性的石蜡，可以使辊子更平整，当使用蓖麻油作为明胶的增塑剂时，石蜡还起到消泡剂的作用。水分的丧失会造成辊子收缩、发硬。但辊子中的吸湿物质(如准确数量的甘油)

可以改善这种倾向。这种辊子一般都是按照在相对湿度大约在60～65%的条件下达到平衡的标准制造的。可加入的成分包括带有甲醛的硬化明胶、碳酸钾明矾或六甲撑四胺等物质。

铸造明胶辊的原材料最好使用块状的明胶，由于粉末状的明胶吸水太快，一般不采用。铸造前将明胶浸泡在水中以待膨胀，明胶允许吸收的水量应严格控制，要是水量比例不对，对辊子的特性有一定的影响。原料配合好后在一个用蒸气加热的盘中熔化，同时进行机械搅拌，搅拌应缓慢进行但需连续动作，搅拌的力量过大会出现块状物。混合物约在80～85℃的温度下加热至恰好液化，而又不要过热，要避免直接加热，否则会将明胶煮焦或使其成分变性。加热液化的过程完结后，将其送到压力锅中。在两个锅间加一丝网滤去任何不纯的杂质。静置5～10分钟以除去其中的气泡。然后开始浇注。

浇注板上有许多各种直径尺寸的黄铜铸模，连接上热水和冷水管，将明胶混合液浇注在铜模和钢制芯轴上，钢制芯轴顶端用顶尖支撑以保证芯轴在铸模中的准确位置，为使铸出的明胶辊能与铸模分离，铸模内可涂一层动物油或橄榄油。铸模用温水循环加热。用压力不太高的压缩空气将混合液注入铸模，有时也使用泵，当混合液灌满每一个铸模后就停止注入，气泡从顶部排出。约静止5分钟之后，气泡消除完毕，就可用循环水冷却铸模。约一个小时后辊子冷却下来，割去多余的明胶块，辊子就很容易取出来了。由于冷却时会产生微小的收缩，靠着辊子本身的重量之作用，辊子就会慢慢地滑出来。

将铸好的明胶辊送到车床上车削去多余的部分。将辊子表面的微小缺陷修补好。修补时可以一边转动辊子，一边用小煤气火焰在有缺陷的表面上来回移动。

使用过的明胶辊可以送回生产厂重新挂胶。假如要重新挂胶的胶辊的胶层是较新的，还可以回收，经短时间处理后就可以重新使用。假如旧辊胶层质量很差，也可以把胶层刮掉。回收的明胶比较硬，并且部分氧化了。回收胶制作的辊子一般只作为勾墨

的备用辊，而不作为靠版辊。回收时可以按下列步骤进行：

①假如是第一次回收的话，要在轴上作出一个识别符号。

②辊子被垂直地装在一个剥离机上，剥离刀从芯轴上慢慢地刮掉胶层。有些生产厂在火焰上加热明胶胶层后再用一个特殊的切割器把胶层从芯轴上剥离下来。

③检查芯轴有无缺陷，如有需进行修补，如无法修补最好使用新的芯轴。

④经过机械的检查测试之后，芯轴要用热洗涤剂溶液进行彻底的清洗。

⑤芯轴经干燥后可刷上一层保护层，以避免锈蚀，并有助于新胶层与芯轴的粘合。

⑥不挂胶的轴端应用细绳或胶布带防护起来。假如使用细绳，应把它整齐地缠绕在轴头上，这样在明胶层的这部分就形成了一个气泡区。

⑦芯轴浇注前要事先检查是否直，再装上黄铜的定位钉，以便在铸模中确定中心位置，然后就可按上述操作方法浇注。

浇注完的明胶辊很软，一般在10～14天内不得使用，必须等明胶完全干燥和硬化后再使用。

不同的温度和湿度条件下制出的明胶辊的用途是不同的，生产厂家需加以注明，并将明胶辊分成各种等级。新辊在使用前需存放一个时期，假如时间过短，就不能按注明的条件使用，它们只能作为硬度较软的胶辊使用。胶辊经长时间贮存或使用，表面粘性会下降，胶辊也会变形，造成变质和损坏。因此胶辊的外形尺寸应留有一定的余量。

明胶辊制作完后，可在表面涂上一层防护油。在气候温暖、潮湿和多变化的季节，这层保护油可起到很好的防护作用。在气候寒冷、干燥的季节，可把油层擦去，并将辊子在外面放置几天。假如胶辊在夏天或潮湿的天气里制作，又不马上使用的话，贮存时就一定要在辊子的表面涂上一层薄薄的凡士林或防锈油。

印刷工人在将胶辊拆下清洗时最好在每根胶辊的芯轴上作上

供识别的记号，这样，在清洗完毕之后可以把胶辊再放回印刷机原来的位置上。否则换上去的不同直径的胶辊互换后会导致印刷品质量下降，甚至出废品。

胶辊装在印刷机上的位置要准确。靠版辊与印版的压力过大会加大印版的磨损，特别是使用线条版时更是如此。胶辊与钢辊之间的压力不能调得过大，否则摩擦力增大会使辊子温度升高而膨胀，使压力进一步加大，则最终温度会升高到使胶辊熔化的地步。不要让油墨在辊子上干燥、变硬，特别是亮光油墨和调墨油、金属油墨等。

明胶辊上的油墨可用石蜡油、矿物油或煤油来清洗。但只有当油墨潮湿的时候或是特别干燥的时候才能被清洗掉。

当辊子不使用时要清洗干净，涂上防护油贮存在不紧靠墙的辊子架上，贮存的地方应不被太阳直射，空气流通，而且不可过分潮湿或靠近暖气。存放时把芯轴两端无胶处架在辊子架的支撑上，辊子绝不可相互压放，也不可直接放在印版上或工作台上。因为任何一种坚硬的东西都可能损坏辊子的表面。假如直径大的明胶辊水平放置贮存，那么其中部会发生下垂；假如将胶辊垂直放置贮存，那么其底部会逐渐形成钟形。这可以通过经常转动辊子或在一定的时候将辊子倒置一次来保证其在一定的范围内得到纠正。放置辊子的地方不宜有防蹭脏喷粉装置，喷粉装置的粉末不要落到辊子上，假如有这种情况发生，辊子必须清洗，并涂上一层凡士林加以保护。

明胶辊由于具有以下优点而得到广泛应用：

①由于浇铸的明胶辊具有致密的表面，因此用于油型油墨时既不会吸收连结料，也不会吸收颜料，并且一般能以稳定条件传递油墨，因此用于网纹印刷时可得良好的清晰度，而用于印刷满版则墨色均匀。它们有适当的弹性，具有很好的表面粘性，这提高了它们承载油墨的能力，并且可以很容易地把油墨均匀地传递到印版上。

②明胶辊的配方可以进行大幅度变动，生产出一整系列的各

种辊子，也可以根据可能遇到的各种条件专门订做特别等级的辊子。一般的凸印机可采用硬度为15～20邵尔度的软辊。

③由于明胶辊很软并富有弹性，用它们给活字版或某些凸版上墨可把墨施得十分均匀。

④明胶辊成本虽低，但它们寿命最短，如果把耐久性也计算在内，其使用成本并不能算是最低的。至今尚未有一种能承受号码机、打孔机和类似装置的非常厉害的腐蚀作用的胶辊。由于明胶辊更换起来最便利，因此明胶辊也就常用于这类印件作为靠版辊。

⑤明胶辊可以用廉价的材料清洗（例如石蜡），而且从深色油墨改用浅色油墨也很方便。

明胶辊也因有下列不足之处而使得其应用受到限制：

①由于明胶辊在水或润湿液的作用下会迅速损坏，因此明胶辊不能用于胶印机，也不能用于水基油墨。

②明胶辊不得在柔性版印刷机上使用，这是由于挥发性的酒精溶液有干燥作用，并会把明胶辊中的甘油和水分分离出来。

③在凸印机上不能用于湿固型油墨，因为乙二醇溶液会使辊子出现裂纹，并且油墨很容易凝固在机器上。

④相对湿度的变化对明胶辊有很大的影响。例如地处水乡的印刷厂的明胶辊可能吸收水分而使水分含量超过常规量。在这种情况下，明胶辊对油墨的亲合力迅速变差，也就不能很好地对印版施墨，造成印品上出现斑点。假如使用的油墨粘稠或者墨层相当厚时，特别容易产生上述现象。

⑤明胶辊不能在高温下使用，用于高速印刷机时，甚至气温高的时候，在低速印刷机上也会因过多地摩擦生热而使辊子熔化。辊子熔化时可用干纸或干抹布将熔化部分擦去。辊子软化比熔化更加有害，因为辊子的软化会使辊子接触的部分变平，出现压痕。此时印刷机上也开始发生印迹模糊的现象。如果发现这种迹象，就需赶紧更换胶辊，以避免胶辊进一步熔化。因此高速机上不能使用明胶辊，明胶辊也不能用于新闻油墨和热固型油墨印刷。

⑥明胶辊不要与挥发性溶剂合用，因为这类溶剂会使胶辊干燥和破裂。必须避免与酯类、酮类、乙醚、二甘醇-乙醚、溶纤剂、矿物油和氯化物等溶剂接触，当然也不能使用水、酒精和乙二醇类。

⑦能迅速氧化干燥的油墨也会使这些辊子干燥而出现裂纹，如果使用普鲁士蓝油墨和那些含有能够使胶辊表面脱水的成分的油墨，也会出现上述现象。松香和石灰松香也是对明胶辊有害的物质，因此使用明胶辊的印刷机应避免使用含有这些物质的油墨。

⑧明胶辊不适宜用作表面凸起的活字版的靠版辊，因为这样的印版使明胶辊磨损很厉害。明胶辊也不能经受过大的压力，否则表面很容易出现裂口，出现的裂口很容易加深和扩大。

⑨明胶辊不能象其它种类的辊子那样把尺寸制作得十分精确，也不能把制造精度控制在一个很小的公差范围内。由于加工时产生的热造成的辊子变形，在冷却情况下也不会再恢复它原先的精度。

⑩在使用前必须按使用的条件晾置一个时期，在贮存的时候也必须采取必要的防护措施，否则胶辊就会出现变形或者其含水量发生变化。

⑪对于一年中的不同季节应当备有相应的不同等级的胶辊。在闷热气候条件下使用时很理想的辊子在冬天使用就得不到好效果。

通过改进明胶辊的配方可改变其性能，如通过改变配方可使得胶辊遇热熔化的性能得到改善。这种辊的生产与普通明胶辊的生产过程类似，但是必须使用特殊的混合配方。旧辊可以重新挂胶，但其胶层不能再生使用。这种明胶辊可承受相当高的温度，并且对水分变化的敏感性不象普通明胶辊那样敏感，但是，这种辊的价格比较昂贵，另外容易出现过度硬化和裂缝。

生产厂家为了使用者容易识别各种等级的胶辊，也为了装饰的目的，通过往原料中掺入少量惰性的色泽很强的染料，使明胶

辊具有各种颜色。掺入的染料必须尽可能均匀分布。

还有一种辊是在芯轴上挂上一层橡胶，然后再在表面涂布一层薄薄的明胶而制成的组合辊。这种橡胶底层是由特殊的橡胶制品组成，并且加工到厚度为0.3mm。然后再涂上一层0.15mm厚的特种明胶涂料。由于明胶层很薄，所以它受热和水分的影响而产生的变化很小。要重新涂布时，用热水就很容易地将原先的涂层除去。

在橡胶基辊上涂布明胶层的操作是在特殊的涂布机上进行的。在涂布机上，芯轴固定在一个预先决定的角度上，并以给定的速度旋转。使用一个齿轮泵通过一根软管将热的明胶液送入涂布机中。胶辊一边慢慢地转动，其上方的一个喷嘴一边不断喷出明胶液。喷嘴由丝杠传动，沿旋转的芯轴表面至上而下慢慢运动，直到橡胶基辊完全被覆盖为止，为了阻止明胶从辊子上流下来，采用一把刮刀，起托架的作用，能够刮去多余的明胶。以保证明胶辊表面光滑，尺寸也可达到所需的精度。涂布的速度决定于丝杠的转动的速度。在涂布比较大的辊子时要使用比较大的喷嘴。

这种明胶辊与普通明胶辊比较，有以下几个优点：

①不需要特别涂油的模具；

②制成的胶辊缺陷较少；

③尺寸更精确；

④这种明胶辊可在较高速的印刷机上和多变的湿度条件下使用；

⑤它不需要预贮存或晾置；

⑥尽管这层明胶涂布层非常薄，但它的使用寿命与普通明胶辊一样长，而且它们重新涂布使用的成本要比普通明胶辊的重新浇铸低得多。

⑦它可用来作为凸印机靠版辊，效果很好。

但这种辊子也有各种不足之处：

①调整得压力过大会造成明胶涂层出现裂缝或熔化。

②假如明胶涂层完全软化了，那么在冷却后它会出现小平面和永久变形。

③当内层的橡胶层出现损坏时，那么就会影响涂布层而出现相当严重的深深的裂口。

四、天然橡胶辊

天然橡胶是耐久的，它耐热、耐磨擦、耐光、耐水并且也耐许多溶剂腐蚀。它可以承载油墨而又不会改变油墨的稳定性、工作特性或印刷特性。由于它耐磨性很好，能承受高温和大的离心力，并且不受大气变化的影响等优点，所以被普遍地使用在高速凸印轮转机上。假如辊子的表面出现缺陷或膨胀，可以进行重新加工。这种辊子的贮存必须特别仔细，否则会出现硬化现象。它们适用于凸印机，其中包括轮转机、挠曲版印刷机和胶印铁皮印刷，它们不适用于干性油型油墨和某些热固型油墨，但适用于湿固型油墨和大部分快固着油墨。快固着油墨所使用的溶剂很容易被辊子吸收，因此，这种油墨会很快地在辊子上干燥。所以在使用这些快固着油墨时应当选用那些吸收性较差的辊子。

它们比明胶辊的稳定性要好得多，实际上可以获得一系列具有不同硬度和弹性级别的辊子，有些级别在明胶辊中是没有的，它的表面一般加工成很细的纹理，这样就能够很好地承载油墨，并能均匀地完成给印版的上墨工作。在热、冷、潮湿或干燥的情况下它的直径都不会发生明显变化。有一些溶剂和油类可以慢慢地使这种辊膨胀，但这给印刷带来的危害不太严重。这种辊的磨损是以年计算的，而明胶辊的磨损是以月来计算的。在改变油墨之前应当使用一下纯白的油墨，特别是从深色油墨改为较浅颜色时更需这样。辊子可以用含量为5％的氢氧化钠溶液来进行清洗，然后再用热水冲洗。一些公司提供一种用来清洗辊子表面干燥的油墨所形成的硬层的碱性的辊膏。橡胶辊不能在有芳香族化合物、碳氢化合物、四氯化碳、酮、酯和松节油存在的条件下使用。

1.粘接法橡胶辊：橡胶辊有一个金属芯轴、一个硬橡胶的内层和一个橡胶的表层。其表层是由一层薄薄的橡胶组成的，制造时常常使增塑剂、硫化剂、加速剂，并且使用油类来改善硬度和弹性，使用炭黑和无机材料作为填充剂。辊子烘干后进行加工和抛光以取得准确的尺寸和好的表面特性。

钢的芯轴在挂胶前必须彻底清洗干净。为了解决橡胶对钢没有足够的粘合能力带来的问题，普遍采用三种工艺方法：

①在芯轴上镀一层黄铜，由于不硫化的橡胶对于黄铜有很好的亲合力，并且在硫化时和黄铜形成牢固的粘结。

②可以使用适当的粘合剂在芯轴上粘上一层合成橡胶。

③在芯轴上可以套上一个硬橡胶的套管。这种硬橡胶能相当容易再粘接橡胶。

有时芯轴要使用喷砂工艺使表面粗化，以便使用一种令人满意的合成粘合剂作为粘结物。一些生产厂家主张在黄铜辊上镀锡，以便与橡胶更好地粘结。芯轴电镀前必须经过酸洗，以除去其上的锈。铝和镁合金的芯轴不用这种方法处理。

实心结构的芯轴会给硫化过程带来许多困难，这是因为金属体积大，在橡胶能够被适当硫化之前，要把它加热到适当的温度。中空结构的辊子可从内部用蒸气循环加热，这样硫化就顺利得多了。挂完胶后芯轴上的开孔可以完全封死。

未硫化的橡胶要压成连续的柔韧的大约1 mm 厚的薄层，然后切割成与芯轴表面相同的面积，并用矿物油使它发粘，把胶层均匀地紧紧地包覆在准备好的芯轴上，这样辊子与橡胶就会粘结得很好。辊子再通过硫化处理使之硬化，质地也就均匀了。硫化处理的过程是将辊子包在准确宽度的湿布中，然后放置在筒形容器中，内部温度控制在150℃，在压力下用蒸气处理。这样，干布的收缩会对热辊施加压力，硬化的辊变得结实、致密不渗透。然后辊子在磨床上加工，使用高速旋转的砂轮磨削，磨削时不要使用润滑剂。砂轮的转速大约在3800r.p.m.，磨削时橡胶辊与砂轮是作相反方向转动的。

由于橡胶是在高温下硬化的，在冷却过程中胶辊表层中的应力会逐渐增大，即使是硬化较好的辊也稍微有一些塑性，这塑性可能引起冷变形。因此，如果在硬化工艺后马上对胶辊进行磨削和抛光处理，就容易在磨削后应力消除过程中造成表面不平现象。这可以通过预磨来解决，预磨时应稍留有余量，然后放置三天以上的时间，再进行精磨，这种方法在很大程度上避免了上述问题的发生。

如果辊子表面情况不太理想，但毛病不太大，还可以进行重磨。一种方法是先使用砂纸打磨一下，再用研磨粉磨。另一种方法是在砂轮上重磨，重磨效果较好。

只要芯轴尺寸依旧精确并且没有损坏，那么旧芯轴还可以做再生新辊。其步骤是这样的：

①从芯轴上剥下旧的橡胶层。其操作可在车床上进行，将旧橡胶切割下来。也可采用感应加热的方法加热芯轴，这样可以使橡胶与芯轴间的连结破坏，达到剥离目的。

②芯轴采用喷砂处理，用以露出干净的新金属表面，便于与橡胶层充分粘合，喷砂时轴颈部分要缠上布带加以防护。经过表面处理的芯轴要立刻涂上厚度相当的粘合剂，如果芯轴与空气接触则会失去光泽，它与挂胶层的粘合强度就会大大减弱。

2.铸造橡胶辊：胶辊上的天然橡胶是在液态状况下浇铸上去的，浇铸的液态橡胶的温度需加以控制。如果辊子尺寸能够浇铸得十分精确的话，那么就不需再进行磨削了。辊子的硬度约为5～35邵尔度，辊子越软，其耐化学药品的腐蚀的能力就越差。

芯轴必须彻底的清洁和脱油，一般使用三氯乙烯进行，有时芯轴还要经喷砂处理以保证比较好的粘合。浇铸是采用铸模或是加特林枪式浇注系统进行的，在铸模的内部要使用一种特殊的脱模剂，以防止在浇铸后辊子粘在模具上。

铸模有时要进行预热，液体橡胶混合物在浇铸之前要去除气泡，如果不搅动液体是不会产生气泡的。使用太细的联接管，易产生气泡，因此要用压力比较高的压缩空气进行浇注。假如液态

橡胶中含有空气，那么在铸模预热的情况下，在胶辊与铸模的接触的热表面上会出现气孔。

当从铸模上拆除导管之后，使用热水或95～100℃的低压蒸气来硫化橡胶，温度在100℃时，硫化时间约为1.5～2小时，温度在95℃时，硫化时间为3小时，液体橡胶慢慢地变为固体，可以用一支细而尖的铁钎子插入辊子的顶部，以判断硫化的程度。硬化之后用循环水冷却铸模。然后将辊抽出，在车床上再对表面加工。

浇铸橡胶辊的特性介于明胶辊与天然橡胶辊之间，它能在很大范围内经受温度和湿度的考验。它可以在高速胶印机、凸印轮转机和使用湿固型油墨的凸印机上使用。在使用了一段时间的常规油墨之后，可以使用快固着油墨。可以很容易用石蜡油、煤油或矿物油进行清洗。这种辊子适于涂布一层薄薄的明胶层而形成明胶涂布辊。它们有以下几个缺点：

①承载油墨的能力不是很好，或者可以说油墨的分布不够均匀，所以在网点印刷中不太适用。

②由于其很容易损坏，它们不适于用作凸印靠版辊。

③浇铸出的橡胶辊的边沿容易产生起皱的现象。

五、合成橡胶辊

一般使用的合成橡胶辊，其硬度为40～60邵尔度，实际上也不可能获得低于这个值的硬度。在气垫型合成橡胶辊出现之前，在高速凸印机中这种胶辊并没有得到广泛应用。气热型合成橡胶辊的外层稍硬，其耐磨性能很好，而内层是一层软气垫，使辊子有软的感觉，并且也增加了辊子的柔软性，在某种类型的辊子中，内部是软的氯丁橡胶层，外面涂布了一层薄薄的但是比较硬的腈橡胶层。表层具有很低的吸油值，并且耐磨损，熔化温度高。而内部比较软，辊子有很好的弹性和回弹力。

合成橡胶辊和其它合成化合物一样有个很重要的优点，那就是可以根据不同的配比和生产方法获得各种性能，以满足特殊印

刷机的需要。由于成分和生产方法可以变化，就可以获得所需要的特性，并且不需要使用特殊的铸模就可以制造各种直径的辊子，但是一种所需的特性之改善往往意味着另一种特性的损失，例如硬度降低就会使拉伸强度丧失，抗磨损能力下降。

氯丁橡胶和聚硫橡胶是合成橡胶辊常用的原料，氯丁橡胶耐矿物油的能力比天然橡胶还要好。氯丁二烯橡胶、氯丁橡胶适用于快固着油墨。腈橡胶也可用来生产胶辊，这种辊子可以在变化的温度和湿度条件下，高速运转而不变形，也不会起皱、膨胀或出现裂纹。它们可以制成20邵尔度以上的任何硬度，其硬度与天然橡胶一样，但不象明胶辊或一些聚氨酯那样软。硫化橡胶可涂布于胶辊的表面，能经受得起绝大多数油墨和溶剂的腐蚀。

在大多数的合成橡胶中仍然使用硫作为硫化剂，但氯丁橡胶除外。橡胶中炭黑的含量如果达到最佳值，可以改善耐磨损能力。在混合之前合成橡胶要经过一个挤压机压成带状的形式，然后再送入一台两辊轧机，将其加工成需要的宽度。再加入硬化剂和混合物。合成橡胶在轧机上加工成厚厚的固态单张橡胶板，撒上滑石粉后还要将其放置几天，再在一台两辊轧机通过加热使单张的厚度减小，然后再送入一台大型压光机，压光辊要调整到使产品单张厚度薄于 1.5mm 。

检查芯轴的质量和精确度，然后在芯轴的两端钻出中心孔，在车床上用顶尖顶住两端转动，这样任何偏心都会被显露出来，芯轴要经过喷砂粗化处理，加硬橡胶层或是使用合成粘合剂来处理。把合成橡胶布非常紧地绕在芯轴上，绕后的直径大约比所需的最终尺寸薄 1.5mm（假如辊子完全使用同一种材料制造，要绕到尺寸超过最终尺寸大约 1.5mm 为止），然后用硬橡胶的外皮绕在软橡胶的外面，直到直径超过最终尺寸大约1.5mm时为止。

再用结实的防水布或布绷带把辊子包上，防止橡胶层在硫化过程中变形，将其放入一个筒形容器中加热，由于布绷带受热收缩，辊子便越包越紧。这整个硫化过程都靠自动测量装置加以控制。橡胶的硬化和各层的硫化熔接都不留任何接缝的痕迹，并且

化学组成也改变了。然后除去包布，并让辊子冷却。

辊子被加工到所需的平整度和精度（±0.05 mm）；检查辊子的质量时可边转动辊子边观察千分表指针，以检查出任何不精确的地方。辊子直径是用游标卡尺检查的。然后在辊子上打上日期和标号，用纸包住辊子表面，以防止运输时损坏。

合成橡胶辊的优点：

①合成橡胶辊比明胶辊硬得多，使用寿命很长，耐磨性很好；

②在高的印刷速度下运转不会熔化，也不会变软；

③它不需要晾辊；

④它不受温度和湿度变化的影响；

⑤印刷机在长时间连续运转时，合成橡胶辊也可以有比较长的寿命；

⑥它比明胶辊或天然橡胶辊要调整的次数少；

⑦合成橡胶辊有极好的抗溶剂性能，但是在氯化碳氢化合物、醚、酯、松节油和挥发性的芳香族烃存在的情况下不得使用；

⑧可用于湿固型油墨和胶印油墨。

合成橡胶辊有以下几个缺点：

①价格较高，约为明胶辊价格的三倍，但是它们的很大一个优点是使用很少的经费就可以重新磨削成较小直径的辊，即使是有硬外层类型的辊也至少可再磨一次。

②它们不能获得低的邵尔硬度值（氯丁橡胶除外）。

③这类胶辊中有些类型会从快固着油墨中吸收溶剂，这样其在辊子上干燥后会使辊子表面变得相当硬。但是，可以从生产厂家得到清洗用的特种辊子软膏。

④一般清洗比较困难，特别是从深颜色油墨换到浅色油墨时更困难。通常使用煤油或含有一些挥发油的煤油清洗。有时当油墨在辊子上干燥得相当硬时，可以使用5％氢氧化钠溶液来清洗，最后用清水洗净。

⑤它们不能象明胶辊那样能从凸印印版上清除掉纸毛和纸灰。

⑥它们受光作用的影响，保存时必须避免太阳光的直射。假如贮存得不好，合成橡胶辊会变硬。

六、液压铸造的氯丁橡胶辊

液压铸造的氯丁橡胶辊是在5～10吨液压压力的作用下浇注出来的。辊子芯轴装在铸模中，以四点定位，用以保持它与铸模壁的同心关系。用原料灌满铸模，采用一台特殊的挤压成形压力机对原料加压。铸模中的橡胶由于加热而硬化。铸出的辊子精度可达0.2 mm。

这种生产方法可使用比较软的化合物，可避免橡胶分层，并且保证产品坚硬密实。这种辊子经得住温度和湿度的变化，并且适用于高速旋转。它们的抗溶剂性能很好，而且经久耐用，但是不适用于橡胶基的快固着油墨。可以制成硬度为8～12邵尔度的软辊。

七、塑料辊

第二次世界大战后开始出现了聚氨基甲酸酯、聚氯乙烯、尼龙和聚乙烯涂布的辊，其中最广泛采用的是聚氨基甲酸酯胶辊。

1.聚氨基甲酸酯胶辊：这种辊是通过两种液体的化学反应而制得的，参加反应的主要物质是聚酯和二异氰酸盐。国内采用蓖麻油（含有三个羟基的甘油酯）和甲苯二异氰酸酯。

由于聚酯在室温下非常粘稠，所以常常贮存在一个维持在大约40℃的桶中，这样液态的聚酯才很容易从桶中倒出。二异氰酸盐必须在干燥条件下贮存，它遇湿则生成胶体沉淀，这样就需要在贮料桶中安装一个除潮器。

混合用的容器必须是用不锈钢制造的、真空的密封容器，其中装有一个搅拌器，正好搅动混合液的表皮，这个容器要罩以外壳，以便能迅速地加热或冷却。使容器冷却可用冷水进行。为了

保证二异氰酸盐完全不遇水，在反应开始以前，容器内的聚酯（蓖麻油）加热到120℃，同时要不断地搅拌，这个操作要在完全真空（低于15mmHg）条件下进行，容器冷却到60℃，在搅拌器不停地搅拌的同时加入准确数量的二异氰酸盐，添加量一般不超过30%，通常是一份二异氰酸盐对九份聚酯。为了排出化学反应所释放出来的二氧化碳，每隔一个半小时要重新填料封装一次，并抽真空脱泡。如果不把二氧化碳排出，会使制得的辊子内部和表面出现小孔。脱泡完毕后，解除真空，就可以把混合物取出准备浇注了。

混合物在常压下直接流入已经仔细抛光、润滑并且预热的铸模中，铸模通常要加热到混合物的浇注温度（70～75℃），以避免产生气泡。为了保证铸造精度，定位顶尖和芯轴必须清洗得格外干净，定位顶尖常常是由磷青铜制成的，清洗一般是采用喷砂、车削，也可以采用腐蚀的方法进行。芯轴（对要重新涂布、挂胶的回收辊要除去原有的胶层）可以放在三氯乙烯蒸气罐中脱脂，然后辊子用四氯化碳中冲洗，以保证浇注前有良好的清洁度。铸模必须涂抹油脂或蜂蜡，保证硬化后的辊很容易从铸模中取出。一般采用溶于三氯乙烯或四氯化碳中的3%蜂蜡溶液，这种溶液加热后涂抹在冷的铸模上，这样蜂蜡在溶剂蒸发之后就形成一层薄薄的均匀的膜。这层膜能保证辊子在热的时候就能取出。浇注后，液态混合物在大约二十分钟之内开始变硬，所以浇注工作必须迅速完成。

为了避免表面产生气泡，辊子硬化时是慢慢加热的。浇铸时温度在75℃，并保持45分钟，然后把温度提高到105～120℃，维持几个小时。

一些芯轴，特别是比较小的芯轴，是由一个空心管和一个中心轴铆接而成的，中间有容纳空气的空间，假如这些铆接不是完全密封的，那么在硬化过程中就会因为管子中的空气膨胀而形成气泡。在管子的顶端钻一个小眼即可克服这种缺陷。浇注时留有浇注口，这样任何可能出现的气泡都将在浇注口部分形成，在修

整辊子时可以切除掉。

胶辊硬化之后，用冷水使铸模冷却，辊子遇冷收缩而便于从铸模中取出。一般说来，收缩量为铸模内部直径的1.5%。使用给定的化合物和固定的加工条件时，收缩量是个常数，因此可以生产具有非常精确的尺寸公差的辊子。假如辊子粘在铸模上，可将铸模垂直放置，用酒精和石蜡油的混合物从辊子和铸模接触表面之间渗入，这样即可很容易的脱模。然后将浇注口等多余的浇注部分用刀割去。从铸模中取出聚氨基甲酸酯胶辊的操作要求非常平稳而平滑，这可用慢速动作的起重绞车进行操作。当铸模的表面出现连续的鳞状时，要用温的氢氧化钠溶液进行清洗。工厂的操作人员在进行操作的时候要穿上特别的防护衣服。辊子铸出后就可修整边缘和质量检查。

检查完成的辊子有没有气泡，用直观的检查一般是足够的。这很容易进行，因为聚氨基甲酸酯胶辊是非常透明的，并且是浅颜色的。这种辊的最终硬度完全是由所使用的二异氰酸盐的比例所决定的。硬度的变化范围很广，软的可为5～10邵尔度，硬的可达60邵尔度。聚氨基甲酸酯胶辊可以加入少量的适当的颜料来染色（例如0.5%的炭黑或0.5%的二氧化钛等）。这样既有助于识别，又可使胶辊美观。颜料是先掺入二异氰酸盐后再加入聚酯的。

聚氨基甲酸酯胶辊与明胶辊相比有许多优越的特性，特别是用于凸印机中：

①与明胶辊相比，其压缩变形量比较小，这反映出在操作和贮存中对压平现象有很高的经受能力。

②对热稳定得多，它耐热不熔化性也较好，甚至在高于一般运转速度下运转也不会因为温度过高而熔化，因此聚氨基甲酸酯胶辊适用于高速凸印轮转机、也适用于在较热的南方地区使用。

③聚氨基甲酸酯胶辊不会由于湿度变化而使尺寸发生变化。

④抗机械损伤的性能比较好。

⑤寿命比较长。

⑧不需频繁装卸。

⑦对一般在油墨媒介物中和清洗液中所使用的溶剂有特别的耐抗特性。但酮类溶剂会使胶辊发生可察觉到的膨胀，这些溶剂有丙酮、丁酮等酮类，以及乙酯和三氯乙烯等。

当辊子在清洁和干燥的条件下贮存时，可用石蜡和白节油清洗辊子。聚氨基甲酸酯胶辊价格昂贵，大约是明胶辊价格的三倍，是非熔明胶辊价格的两倍，也比聚氯乙烯辊贵。价格和合成橡胶辊差不多，耐久性也差不多。

与合成橡胶辊相比，聚氨基甲酸酯胶辊优点有：

①作为凸版印刷机靠版辊，它可以获得低邵尔硬度值，这取决于所使用的二异氰酸盐的比例。同时象明胶辊一样可以从印版上粘去灰尘、纸毛和防粘张的喷粉。

②有比较好的表面粘度和印刷质量。

③长期使用不会使胶辊变硬、老化。

④随着邵尔硬度值的升高，其物理特性不象合成橡胶辊那样非常急骤地变坏。

⑤它们不吸收油墨，在从深色油墨变换使用浅色油墨时比合成橡胶辊容易。合成橡胶辊也是不吸收的，虽然其外表看起来平滑，但磨削的表面有无数细小的孔隙，因此要想彻底地清洗是不太可能的。进一步说，假如不经常清洗合成橡胶辊，在表面的孔隙中就会形成一层薄薄的干燥的油墨层。这样，辊子在印刷机上挠曲时，这层干墨层就会破碎，细小的干墨块会传递到印版上，造成堵版现象。

⑥聚氨基甲酸酯胶辊是在铸模中制成的，而合成橡胶辊和天然橡胶辊的制作方法相同，都要经磨削才能达到所需的尺寸。

聚氨基甲酸酯辊在以下几个方面不如合成橡胶辊：

①不能使用酮和酯类的溶剂。

②不能使用湿型油墨。

③聚氨基甲酸酯胶辊的弹性非常好。但在印刷机上连续压缩及回弹，会产生比一般条件下为多的热。这些热会使油墨在辊子

上干燥。与合成橡胶相比较，聚氨基甲酸酯的热胀系数也算低的，但由于在运转中积聚了更多的热，辊子的膨胀还是比合成橡胶厉害。

④当聚氨基甲酸酯胶辊变热后，其匀墨能力会下降，这样墨斗辊就需要转过更多的齿。

⑤在凸印机上聚氨基甲酸酯胶辊擦洗的次数比大多数的胶辊多，其中的原因看来是由于它们在印刷机上膨胀得很厉害的缘故。

⑥自动洗胶皮器对聚氨基甲酸酯胶辊的清洗效果不太好。当洗胶液在辊子上流过之后，辊子很容易裂缝，而且有的辊子会转动不灵活。合成橡胶采用自动洗胶皮器清洗也不是特别理想，还是采用手洗比较好一些。

⑦油墨或调墨油在辊子表面干燥对于聚氨基甲酸酯辊的表面特性非常有害，而且牢牢地干燥固结的油墨是很难除去的。

⑧聚氨基甲酸酯胶辊不能象合成橡胶辊那样容易重磨。重磨会使聚氨基甲酸酯辊的致密的表面遭到破坏。

⑨聚氨基甲酸酯胶辊比起合成橡胶辊有更好的吸收性和耐划裂特性，但它一但出现割口，辊子表面就会受到雪崩式的破坏。

2.聚氨基甲酸乙酯胶辊：这种胶辊是用聚酯和甲苯二异氰酸反应生成聚氨基甲酸乙酯，然后用浇注的方法制成。

合成聚氨基甲酸乙酯用的聚酯是由多元酸和多元醇缩聚而成的带有支链的聚酯，可用己二酸与乙二醇或一缩二乙二醇、丙三醇等醇类缩聚，缩聚是在温度为160～225℃的反应釜中进行的，釜中充满常压氮气保护反应进行，约18-24小时后抽真空，在低压状态下除去反应生成的低分子化合物，这个阶段要1小时左右。最后获得微黄色的透明粘稠状聚酯液体。

将所得的聚酯脱水，因为水分会消耗合成聚氨基甲酸乙酯用的甲苯二异氰酸，水分存在情况下聚合出的聚氨基甲酸乙酯的泡沫多、弹性也不好，聚酯的脱水是在120℃下进行的，为加快水分蒸发，可将其在减压(5mmHg)、搅拌的条件下进行。除水后

的聚酯与甲苯二异氰酸在55～60℃的温度下搅拌，反应生成网状结构的聚氨基甲酸乙酯。由于甲苯二异氰酸和聚酯所含的水分和残酸放出二氧化碳气体，使生成物形成泡沫，因此要减压以消除气泡，一般使反应釜的压力抽真空至5 mmHg。

配制好的聚氨基甲酸乙酯是在常压下浇铸的，浇铸温度为60～70℃。浇铸完毕后以120℃温度烘烤成型，脱模后就制成了胶辊。

聚氨基甲酸乙酯胶辊有以下几点优点：

①着墨性、传墨性比明胶辊都好，而且也象明胶辊一样能从印版表面粘下灰尘、纸毛等杂物，效果甚至更优。

②聚氨基甲酸乙酯胶辊放置一年后，硬度没有变化，颜色虽稍微变暗，但不影响使用。

③聚氨基甲酸乙酯胶辊抗化学药品性能很好，对汽油、煤油、润滑油等清洗用的溶剂，以及醇类、盐类等都有一定的耐抗性能，但强极性的苯酚、甲酸等，以及强酸强碱溶液会使胶辊严重损坏。

这种胶辊如用于较低速的平台印刷机，可不用磨削即可将浇铸出的辊子直接使用。而用于较高速的轮转机或胶印机，由于要求胶辊硬度高，表面粘性因之而下降，辊子吸墨性也下降，因此浇铸出的胶辊最好能再研磨一下，改善其吸附油墨的能力。

3.聚氯乙烯辊：这种塑料辊出现得相当早，比聚氨基甲酸酯胶辊早得多。虽然没有得到广泛的应用，但对于某些特定的用途，它却要略胜一筹。

聚氯乙烯辊是用粉末状的聚氯乙烯或聚氯乙烯共聚物与液体的增塑剂相混合成的一种自由流动的糊状物进行模铸而成的。这是制造这些辊的传统方法。然后在铸模中加热这些糊状物使其固化。铸模冷却后取出辊子并按所需长度修整好。

聚氯乙烯辊可以制成硬度在15～75邵尔度之间的辊子。糊状物在注入铸模之前可以加入少量的颜料，这样可以获得各种不同颜色的辊，但聚氯乙烯辊在生产上有一定的困难：

①铸造模具必须制造得非常准确，即使这样也很可能出现变形的辊。

②辊子在铸造时的收缩和收缩量直接与使用的增塑剂量成比例，假如这种收缩不一致，那么就很难保证辊子的尺寸在所需的很小的公差范围内。增塑剂的含量越大，辊子越软。含有高比例增塑剂的非常软的混合物。适于生产尺寸比较小的辊子。

③混合物在硬化的过程中会在长度方向膨胀，随后发生的收缩会使辊子表层处在绷紧的状态下，这就可能在使用的时候出现表皮剥落的现象。

④很难保证与芯轴粘接牢固。

⑤聚氯乙烯是热塑性塑料，在运转中由于热量积聚会使辊子表面熔化，而造成辊子失效。

现在已经作出一些尝试来克服这些困难。

①可以通过铸造有余量的辊，然后再磨削到所需尺寸的方法而制得更精确的辊。在磨削之前最好将辊冷冻使它尽可能地硬，即使这样，磨削的痕迹仍会使表面质量变坏，这种生产方法的一大缺点就是磨削增加了成本，并且使铸造工艺的优点都丧失殆尽。

②可以改进对芯轴的粘合：

a.芯轴上所使用的粘合剂可以是不为辊子中的增塑剂的转移而软化的材料。

b.在芯轴上包上一层热收缩型的硬聚氯乙烯，这样在这层外面再粘上软的聚氯乙烯就很容易了。假如清洗液可以渗透到芯轴和塑料层之间的话，那么辊子两端的粘接层就会损坏。

辊子中的增塑剂既可能慢慢地干燥，又可能被一些油墨溶剂所溶解掉，然后辊子会出现收缩、硬化和表面的破裂，通常最大的收缩常发生在辊子的中部。

假如这些缺点能够被克服的话，聚氯乙烯辊将具有极好的特性：

①不收缩也不膨胀。

②不受温度的影响。

③适于用湿固型油墨印刷，而聚氨基甲酸酯胶辊则不能适用。

④可耐稀释的酸、油和溶剂的腐蚀。

⑤象橡胶一样坚硬而耐久。

⑥在高速印刷时或摩擦的作用下不会熔化。

⑦不吸收油墨。

⑧清洗容易，能很容易地从深色油墨改换使用浅色油墨。

⑨比聚氨基甲酸酯胶辊便宜。

4.聚乙烯胶辊：聚乙烯越来越多地在辊子涂布中使用，它的回弹性非常令人满意。

5.尼龙串墨辊：尼龙串墨辊是在金属芯轴外面涂上一层尼龙，这样生产出来的辊有一定的机械性强度，把金属的刚性与回弹性和塑料的化学特性结合在一起。如果作成实心的辊子，其成本会很高，而且强度也不够。挂胶后再把辊子加工到所需尺寸并且要在辊子的两端各留下一个 2 mm 宽的金属环，这两个环被加工到与尼龙表面一样平，主要是用来保护尼龙胶层的。

第二节　胶辊的选择

前一节我们讨论了各种材料制作的胶辊的各种性能，这些胶辊在印刷机上用作供墨胶辊、传墨胶辊、匀墨胶辊和靠版胶辊，不同用途的胶辊要求具有不同的性能。另外，各种印刷方法不同，印版的结构亦不同，对靠版胶辊的要求也不同。因此，使用时如能选择好适合种类的胶辊，不仅可以降低胶辊的损耗，而且还能提高印刷的质量。

选择合适的辊子会使匀墨工作得到良好的效果。一般情况下选择墨辊时要注意以下几点：以邵尔硬度值所标示的硬度、辊子结构、将要使用的印刷机的速度、与辊子接触的油墨的种类、辊子的耐久性和保持在最佳状态下的能力。

明胶辊的硬度一般为12邵尔度，它们适用于低速凸印机，在使用干性油型油墨或合成树脂-矿物油型油墨时使用，它们具有很好的表面粘度，有很好的承载油墨的特性，并且有很低的油墨的吸收率。这些都说明了明胶辊是极好的凸印靠版辊。它们不能在胶印中使用。不能使用湿固型油墨或水基油墨。

表7-1　　辊子特性的比较

特　性	明　胶	不熔明胶	硫化油	橡　胶	合成橡胶	聚氨基甲酸酯
着　墨	良	良	差	差	差	良
粘　度	优	良	差	差	差	良
变　形	可	可	良	良	良	良
变质(寿命)	可	可	良	良	优	良
运转生热	差	可	良	优	优	可
吸收油墨	优	优	良	差	可	优
磨　损	差	可	良	良	优	良
清　洗	良	良	可	差	可	良
凸印靠版辊	良	良	差	可	差	良
平均使用寿命(月)	10	16	36	28	46	24

根据硫化的不同和组成的不同，橡胶辊一般可以达到15～60邵尔度的硬度。它们适于在高速旋转的印刷机上使用，可用于柔性版印刷油墨、湿固型油墨和快固着油墨；它们不适用于干性油型油墨或热固型油墨，它们不具有良好的表面粘度，承载油墨的能力也不太好，它们会吸收油墨中的一些成分。

合成橡胶辊几乎适用于所有的油墨，只橡胶树脂基的油墨除外。但非常软的合成橡胶辊很不容易制得，这使得它不适于做凸印靠版辊。它们的表面粘度不好，传输油墨也不很好，但它们非常耐久、耐溶剂腐蚀，随着使用时间增加只会有少量的变质。

表7-2　　辊子材料与油墨种类及印刷方法的关系

油墨的种类	适用的辊子	不适用的辊子	印刷方法
干性油型（如亚麻仁油型）	明胶、硫化油、聚氨基甲酸酯、塑料、合成橡胶	天然橡胶	凸印、胶印
热固型	明胶、聚氨基甲酸酯、合成橡胶	天然橡胶、聚氯乙烯、硫化油	凸印、胶印
湿固型	合成橡胶、天然橡胶、聚氯乙烯	明胶、硫化油、聚氨基甲酸酯	凸印
水基	除明胶之外所有的各种胶辊	明胶	凸印
吸收型（新闻油墨）	除硫化油之外的各种胶辊	硫化油	报刊凸印
橡胶基	明胶、聚氨基甲酸酯	硫化油、合成橡胶	凸印、胶印

一、凸版印刷胶辊

凸版印刷的辊子的选择，首先决定于印刷机的转速，其次考虑胶辊是用作传墨辊还是着墨辊。

对于低速印刷机可选用合成材料制做辊子，而高速机上更常采用的是聚氨基甲酸酯或合成橡胶辊。

报版轮转印刷机一般使用橡胶或人造橡胶辊。氯丁橡胶辊在好几个方面都优于橡胶辊：

①耐磨损性能和拉伸强度较高。

②良好的不燃烧性能。

③它的膨胀量是一定的。

④在高温条件下能保持一个好的附着特性。

⑤更适应于彩色新闻油墨。

对凸印印版辊的要求：

①辊子必须比较软，许多印刷工人喜欢选择硬度18～20邵尔度的辊子。这样软的辊子能够保证很好地适应印版上的变化，如

印版高度高低不平、印版磨损程度不同等。由于明胶能够很容易地制成所需的标准硬度，并具有发粘的表面，可将印版上的灰尘和纸毛粘下来，防止发生堵版故障，所以凸版靠版辊通常用明胶辊。明胶辊也可用于非金属凸版的印刷，较高速的印刷机也可采用这种辊子。聚氨基甲酸乙酯辊也可获得这一等级的硬度，也具有很好的表面粘性，不会熔化，而且也不受潮气的影响，因此得到越来越广泛地应用。不过其价格还比较高。

印版辊也可以使用橡胶制作，硬度为32～35邵尔度，在高速印刷机上采用的辊子硬度还要高一些，如果用的辊子太软，会使印出的网点发灰、不实。

②辊子的直径必须很准确，不允许有太大的偏差；辊子的偏心度也有一定的要求；辊子的动平衡应良好，否则在高速转动时，会产生时而压力大时而压力小的现象；与金属芯辊的粘接强度必须很高；金属芯轴的尺寸也必须准确，即送去挂胶时的芯轴应有适当的精度。

二、平版印刷胶辊

平印用胶辊有以下几点要求：

①在进行一般工作时，与调墨油或树脂接触不会发生膨胀也不发生其它变形。

②具有足够的表面粘性，对油墨也有足够的亲合性。

③金属芯轴以及铸好的胶辊都要求有精确的尺寸，偏差不能过大，以保证在较低的压力下就能很好的传递油墨。

④硬度和弹性要合乎需要，这两个性质在胶辊整个使用期间都必须保持基本不变。

⑤胶辊应不受水分的影响，明胶辊遇水就膨胀是不宜用作平版印刷用胶辊的。

⑥胶辊不能吸收油墨，容易清洗，油墨不应保留在辊子表面的孔隙中。

⑦便于贮存。

⑧对芯轴粘接牢靠。

⑨不可安装缓冲装置，这是因为辊子直径的稳定性和精度要求非常高，这个要求和安装缓冲装置的目的是互相违背的。

平印用胶辊大多采用橡胶辊，合成橡胶辊也适用于匀墨目的，它们用作匀墨辊时虽然不和印版接触，但在印刷大块实地的情况下也会出现环状白斑故障。如果用硫化油和聚氨基甲酸酯制作墨辊，产生环状白斑的故障就比较少。聚氨基甲酸酯有极好的表面粘度，可以消除环状白斑，这个性能比硫化油更耐久，而硫化油辊对热固性油墨有限制。假如用聚氨基甲酸酯辊做往印版滚筒施墨的着墨辊，应安装在外部，这样可很容易用手来清洗其从印版上粘下来的纸毛和灰尘，必要时也可设计成可拆卸的，将其取出清洗。对于网目版印刷来说，聚氨基甲酸酯的胶辊印刷效果也比较好。

三、凹版印刷胶辊

凹印用胶辊必须有很高的耐磨损能力，压缩变形不可过大，不因挠曲而发生局部发热现象。这是因为凹印印刷时常在相当高的压力下运转，用以补偿滚筒和纸张的尺寸误差。在压力变化时，胶辊容易产生相当的应力，在现代凹印机上采用自动液压平衡系统，把压力变化控制在最小的允许范围之内。

天然橡胶是制作凹印用胶辊的理想材料，这是因为天然橡胶有很好的弹性，因挠曲产生的热聚积现象也比同级别的合成橡胶辊好，不过合成橡胶辊在印刷粗糙纸张和卷筒纸接头处时的效果比天然橡胶好，因为合成橡胶辊容易清洗，而天然橡胶辊则不然，不仅不易清洗而且清洗后易发粘。

凹版印刷的压印辊有以下几点要求：

①挂胶厚度为12mm，一般不大于16mm，这样可以将因过多的挠曲产生的内部摩擦和橡胶极差的热传导性引起的内部热积聚限制在最小。如果辊子用水冷却，其膨胀程度就很小，也不会因热而变软，寿命亦延长，印刷故障也随之减小。如果温度升得过

高，橡胶辊的物理特性会迅速变坏。

②压印辊的长度需大于纸张的宽度，但超过的量要尽可能小，最好少于10mm。辊子的两端作出一个30～45°的倒角斜面。如果辊子过长，则势必要在其超过的部分粘上油墨，凹印油墨的组分会使辊子相当迅速地膨胀起来，假如膨胀的量并不影响连续运转，其膨胀的部分也会与滚筒接触而减少滚筒对纸张的有效压力。然后，印刷工人为此增大压力以恢复正常的压印时就使辊子故障的发生形成恶性循环。

③在压印时，压印辊子的接触区间的宽度应小于12mm，这就要求压印辊有一定的硬度。压印辊的硬度选择主要取决于印刷的承印物，如印刷塑料薄膜时需要采用硬度为50～65邵尔度的辊子，线压力为4.5～7kgf/cm；在印刷金属箔、玻璃纸和平张纸时可用硬度为65～75邵尔度的辊子，线压力为13.4～22.3kgf/cm；当印刷粗糙的纸张和纸板时可用硬度为80～90邵尔度的辊子，线压力为22.3～35.7kgf/cm。在印刷表面变化很大的印品时，一般采用硬度为70～75邵尔度就十分令人满意。

④热积聚过程产生于胶辊上压力最大的一点，也就是产生最大挠曲的地方。当一个直辊与另外一根平行表面相接触时，最大压力点产生于胶辊边缘处大约5～12cm处，这也就是辊子因热积聚而损害的地方。这种损坏使得胶辊在比原先大的应力下运转。要彻底解决这种问题，可将胶辊做成中间凸起的形式，减小接触压力、或是增加橡胶的硬度，或是减少挂胶层的厚度都可以改善热积聚的现象。

四、柔性版印刷胶辊

通常都采用橡胶辊或合成橡胶辊，辊子的硬度一般比橡皮凸版的硬度软10邵尔度，这样可减少印版的磨损。

由于辊子通常都是由齿轮传动的，胶辊的直径要求很严格，一般直径的公差0.12mm。如果公差再小，制作所花费的工力是不合算的。

由于软的靠版辊不容易留住非常稀的溶剂型油墨，因此现在已开始采用刻有一些有规则的网纹的特殊钢靠版辊，这样的墨辊已用得相当普及，例如 Anilox 辊就是一种金属墨辊。

第三节　辊子的贮藏和使用

辊子必须垂直地或水平地贮存在专门制作的架子上，辊子只有两端的钢轴与架子的支撑相接触，辊子体应完全不能与其它物体相接触；贮存处空气必须流通、干燥，远离阳光和暖器管道，贮藏处的四壁要涂橡胶基的防潮油漆。贮存时应在架子上标注上号码，使所有贮存的辊子都很容易识别，辊子在运输的时候，也必须使用装在适当架子的搬运车或者是装在带有承载支架的箱子里，将金属芯轴的两端支撑起来，避免与其它物体接触。

在印刷机上使用辊子时要特别仔细，辊子必须安装好，否则辊子就不能适当地调整，而且当印刷机运转时还不能出现摇摆甚至磨损的现象。它们必须在适当的压力下才能很好地匀墨，靠版辊比起匀墨辊所受的压力稍微大一点，这样它就不会与印版之间发生滑动。靠版辊必须与印版的所有部分相接触，并且要求压力实而均匀。当印刷机停止运转时，印刷机上不得有任何辊子变热和变干，辊子也绝不允许仍压在印版上。辊子绝不可掉在硬地板上（特别是水泥地），因为这样会损坏芯轴。

辊子必须在油墨干燥变硬之前进行清洗。没有进行适当清洗的辊子就不能很有效地匀墨，并且会破坏它的亲墨性能。油墨中不得有损害胶辊成分的溶剂，否则这些溶剂会使辊子膨胀或溶解，最后使辊子丧失使用动能。

在使用中，辊子会出现一些故障。

明胶辊由于使用时间长了以后，或受热或受化学试剂（例如过氧化物和铬酸盐等）的作用会被氧化而硬化，铅盐、铁和铝作为杂质存在于没有完全洗净的染料中，或是也存在于所使用的干燥剂中，它们也能够使明胶辊氧化，特别是在潮湿和温暖的条件

下更厉害。辊子中存在的葡萄糖或其它可氧化的材料会促进辊子的硬化，还有许多成分也有这种作用。明胶辊硬化后其匀墨能力下降，并且不久就出现裂缝。明胶辊过于干燥时也会产生裂纹，这样的裂纹一般都是平行于芯轴。这是由于明胶辊外层干燥时内层还是潮湿的，它造成应力不均匀，引起了表面开裂。明胶辊比较软，由于机械的损伤很容易出现割痕，这些割痕一般与芯轴成直角，这是由于辊子在印版上装得太低，印版上的铅线花边、号码机的尖角或所用的印版上有一部分高于铅字表面等原因造成的。水绝不能溅到辊子上，否则将形成软的斑块，这会破坏辊子的表面。在明胶辊的两端绝不能存留油墨使其干燥变硬，因为它会使辊子局部变得缺乏弹性并发脆，很容易引起开裂。假如上述问题经常发生，可以把辊子两端做成带45°斜角的倒角。

由橡胶制成的辊子、橡皮布和印版会由于氧化作用而产生变形，但是这种情况通常是由能够软化橡胶的溶剂所造成的，并且还能进一步促进氧化作用，辊子的软化是随着氧化催化剂（例如脂肪酸钴干燥剂）的渗透而进行的，继而还会发生膨胀和氧化，橡胶变得发粘并且膨松，这种地方很容易因墨层或机械的接触而大块大块地被粘掉。橡胶辊很容易被臭氧氧化，因此辊子绝不可贮存在大电动机开关设备或发电机的附近。这些装置产生的臭氧会使辊子表面开裂。

在印刷机上或比较差的清洗条件下，由于辊子工作条件很差，其表面会出现凹痕和凹槽。在粘合层之间也可能产生内部脱胶，粘合层脱胶一般都发生在芯轴与胶层之间，假如芯轴质地比较软而内层又比较硬的话，则脱胶现象会大为减轻。硫化油辊就很容易发生内部脱胶现象。有些辊子外层甚至能从芯轴上脱落下来，这只是在粘合剂不适当，无法把胶层与芯轴粘牢的情况下才会产生。

胶辊如清洗不干净，油墨会在粗糙表面的毛孔中干燥，油墨中的干性油或一些成分会渗透进胶辊的表面，干燥后会使胶辊表面形成一层膜，使胶辊吸附油墨的性能降低，影响传墨。如发生

这种故障，可以通过研磨除去这层膜，操作时注意不要使直径改变过多。这层膜还可通过20%氢氧化钠溶液除去，然后用弱酸中和，并洗净。一般不宜用酮类、酯类溶剂作清洗工作。

胶辊老化后，或在化学药品作用下会发生烂胶剥落等现象，一般可用打磨方法将皱裂的胶层去掉，这样直径尺寸就变小了，可改变辊子用途。

第四节　胶印水辊

胶印机上的湿润系统必须向印版的无图文部分提供能保证不上墨所需的最少量的水，并且保持持续地、有规则地、自始至终地供应。润湿系统必须具备下列功能：

①水的供应厚度在印版的宽度方向上均匀一致。

②对一些区域提供额外的水分而从其它部分（特别是有图文的部分）则要除去过多的水分。

③在着墨的区域把供水量限制在最小。

④对各种油墨应具有一定的适应能力，能适应现有各种油墨所用的连结料或颜料。

⑤整个版面的供水面积的大小应当是可以调整的。

⑥印版滚筒周向方向上的带状区域内的供水量应是可调整的。

⑦水墨调整完毕之后应能保持下去。

⑧水墨调整方便，准确。

⑨在不同的印刷速度下都能准确地工作。

⑩不损坏印版。

⑪水辊清洗和检修方便。

⑫成本低。

⑬水分不会聚积在滚筒的缺口或其它不需要水分的地方。

⑭它应能长时间运行而不必经常调整。

⑮调整时水量变化反应到印版上要迅速。

⑯调整方法应简单，数据容易读取、记录和重现。

⑰水量的调整应灵敏，有规则，可以零调到所需的最大值。

现在有三种主要的润湿系统：

①以直接接触的方式对印版润湿，例如：使用靠版水辊，这是现在最常使用的方法。

②避免装置与印版间的实际接触，例如，在印版上方装一喷水嘴，这种类型中最著名的是马伦（Mullen）系统，印版是由一个计量辊上的水来润湿的，而这个辊完全不与印版接触。当印版已经被润湿以后，用一个称为空气楔的特别的装置将水层吹到所需的厚度。多余的水用真空方法吸走。然后印版再通过着墨系统上墨，在常规的方法下去完成压印，这一系统的优点最主要的是在印版上的着了墨的图文部分不会象其它润湿装置那样粘上小水滴。不过，其噪声大，系统相当昂贵，用来吹掉水层的空气的速度很大，甚至能将空气中的灰尘都冲到印版上，并把图文部分擦伤，或使印版磨损。如果装上非常有效的空气过滤器可以防止上述问题，但必须经常清理过滤器，否则它们会很快被堵死。

③通过着墨系统对印版上水的系统，例如达格仑系统。达格仑建议润版辊应放在与第一个靠版胶辊接触的位置，这样润版液到达印版之前就不需要任何一对辊子的传递。

综上所述，胶印润版辊也是要求很高的一种辊子，而且型式也各不相同。

最早用于版台式胶印机上的润湿辊是在金属芯轴上包上几层可变厚度的毡织物。其不得有任何两个接缝相重叠。辊子最外层还需缝上一层水胶绒。

后来，润版辊采用了橡胶辊，其外面包覆一层法兰绒和一层水胶绒。先用黄铜辊把水从包布的串水辊上传递到两个靠版水辊上。水是存放在一个水斗中的，并且由一个间歇运动的包布水斗辊传递出来。后来用镀铬的辊代替了黄铜辊，这是因为铬的亲墨性能比黄铜还要好。

靠版水辊要求起到海绵的作用，它既能存水份又能把水分送

到印版表面，同时又能排斥油墨，其在印刷机上的位置应调整到与印版稍微接触的地方。

现在采用的润版辊一般都是橡胶或合成橡胶辊，其外部包以纤维织物。几乎都在辊子内层包以毡子或法兰绒，而在外层包以特制的棉布或水胶绒，有时在橡胶辊外只包一层织物，这样效果非常不好，这是因为在炎热的气候下纤维干燥很快，并会粘油墨，其润湿的水量也不容易控制。

在一般情况下普遍采用软的橡胶辊，包上法兰绒，然后在最外层包上针织纤维织物，在进行铁皮印刷时辊子外层普遍采用植绒织物，还可采用在硬度15邵尔度的橡胶辊外面包上水胶绒的水辊。

内层织物一般为：

①法兰绒，这是一种毛织品，将它们分许多层缝在橡胶辊或金属辊上。法兰绒比其它大部分材料容纳的润湿液更多，并且在潮湿的情况下仍富有弹性。它的缺点是会慢慢变硬并且易走样。

②用棉纤维织物或毛织物织得无缝套筒，尺寸很精确，能很方便地套在辊子上。

外层织物一般为：水胶绒是一种棉纱织物，由于已经过脱脂处理，所以吸水性很强。它可做成用高级棉纱织成的无缝筒状物，可紧紧地包在辊子上而不需缝制。或者做成可按辊子尺寸切开的片状织物，再缝在辊子上。甚至还有一种背面有粘胶层的织品，可直接按辊子尺寸大小剪下贴在辊子上。这些水胶绒有的表面有毛，有的则没有。表面略有弹性。

水辊外表的包层必须容易安装并且尺寸合适，要求有高强度、高吸水性和不会走样，还必须耐磨和不掉纤维。各种规格的无缝套很适合于水辊用，外层的两端需缝合时，应采用尼龙线。

新的靠版水辊必须先跑合，通过跑合使尺寸精确并把掉下来的纤维除去。这样，辊子就有较精确的形状，并且没有浮毛了。

新辊首先要在图文稀疏的版上使用，例如文字版上使用。当辊子跑合差不多时，再将其用于网点版和满版印刷。辊子表面可

用杀菌剂处理，以防止水辊表面织物由于细菌的侵袭而造成的腐烂现象。

假如靠版水辊太脏、不圆、弯曲，以致与版或中间辊的接触压力不准确，要想达到最小的润湿量是不可能的。

假如润版辊和中间辊已经被油墨污染，那么必须使用更多的水去润湿整个面积以补偿不均匀的润版。

操作人员应当注意采取下列预防措施：

①支撑中间辊的轴承不能磨损得太厉害以致成了椭圆形。

②检查传水辊的摆臂是否磨损。

③更换磨损的辊子架。

④同一根直尺放在中间辊和水斗辊上，检查是否有低的地方，特别是在两端，任何不均匀的地方都会在对应的地方造成干点子。

⑤在车床上检查水斗辊和靠版水辊有否弯曲。

⑥确定下层包层有否腐烂，是否需要更换。

⑦检查外层包层是否结实、均匀。

⑧再检查靠版辊的调整，假如靠版辊或水斗辊调整得过紧，水就会被挤压出来，这样就不能保证正常的水供应。

⑨要经常清洗靠版水辊，尤其是靠版水辊粘上油墨后，绝不能让它不经清洗而过夜。

靠版水辊清洗时应当用温水在润湿的条件下冲洗，并且要在水辊刚从印刷机上取下来时就进行，也可以在用石蜡乳剂和水处理过之后进行，它能透过包层并且将油墨浮出，乳剂溶剂可以用温水从辊子上完全冲洗掉。一些印刷厂也把松节油作为清洗的代用品。

靠版水辊可以用刷子清洗，法兰绒辊应当用聚毛刷子去刷，而水胶绒则可以用非常细的铁丝刷子来刷。

有些靠版水辊是装配式的*，是在表面包覆一层绒面的织物，其宽度与辊子的宽度相符，而长度实际上就是辊子的周长，表面还包有一块薄薄的聚氯乙烯，其宽度与辊子的宽度相符，其

* 美国专利2966723-4。

长度等于辊子的圆周长。

有一种纸制的靠版辊是用羊皮纸作表面包覆层的，它呈螺旋状地缠绕在辊子上，吸水性能很好，这种辊子有非常好的润版效果，并且很容易控制。它与纤维织物包层相比有一个好处就是它不需要清洗。

第五节　橡皮布的结构与种类

印刷机所用的橡皮布主要有两大类，一类是油墨转印用的，是转印用橡皮布，一类是用于滚筒包衬的，如压印滚筒用橡皮布。

橡皮布是由 3 ～ 4 层坚厚得好似帆布的平纹棉布用橡胶粘合剂粘接在一起而成的。其表面涂有一层非常厚的表面橡胶层，然后再经过进一步的硫化以保证令人满意的弹性及硬度，并通过压光而获得准确的厚度。

由于橡皮布的伸长率、强度主要取决于这三四层平纹棉布的性质，因此平纹棉布或细亚麻布的纤维在梳棉之前要进行预拉伸，使其质地均匀，并且要把粗线都除去，在涂布机上用合成橡胶辊在布的表面涂上薄薄的一层粘稠的橡胶溶液，布与布之间的这层胶层叫布层胶，要求其弹性好，压缩变形小，因此采用天然橡胶，并含有硫化剂和抗氧化剂，多余的溶液用涂胶刀刮去，经过涂布的纤维织物再送入一个蒸气加热的辊中，这样一层干燥的硫化橡胶就留下来粘在织物的表面上。再在整个平面上均匀地涂布一层粘合化合物，经过层压就制成了带有附加的亚麻布背面的三层或四层的橡皮布衬底。

橡皮布表面胶层要不断地与印版、油墨、润版药水、汽油等清洗剂作用，又要不断地进行压缩，因此表面胶需具有油墨传递性能好、耐酸、耐脂肪族烃溶剂等性能。还应有一定的机械性能（强度、硬度、弹性等）。表面胶一般用耐油性能好的橡胶作原料，如氯丁橡胶、丁腈橡胶等。由于橡皮布的原材料所用的橡胶

一类物质在纯净状态下使用时受热易变软，遇冷发硬，只能在一个不大的温度范围内使用。其机械强度很低，不耐磨耗，而且也不耐溶剂。因此其中需加入不少配合剂，以改善生胶的性能。

橡胶的配合剂最主要的是硫化剂。硫化的作用是使橡胶的线型分子之间相互交联起来，形成网状的体型结构，从而改进橡胶的性能。最初硫化过程是用硫黄进行的，而后来尽管硫化剂已有了各种化合物，但还是把这些起橡胶交联作用的化学药剂统称为硫化剂。硫化剂除了硫黄外，还有含硫的有机化合物、过氧化合物、金属氧化物等几大类。不同橡胶可用不同的硫化剂硫化，如天然橡胶、丁苯橡胶、丁腈橡胶可用硫化剂 MD 硫化，聚氨基甲酸酯可用硫化剂 DCP 硫化，氯丁橡胶可用金属氧化物硫化（如氧化镁、氧化锌、氧化铝等）。

硫化是在高温下进行的，为降低硫化时间和硫化温度，可在橡胶中添加硫化促进剂，它还可减少硫化剂的用量。硫化促进剂有无机的（如氧化镁、氧化铝等）和有机的（如秋兰姆促进剂、次磺硅胺促进剂、胍类促进剂、噻唑类促进剂、硫脲类促进剂、醛胺类促进剂等）两大类。硫化促进剂种类不同促进硫化的速度也不同，硫化的效果也不同。

为增加硫化促进剂的活性，减少促进剂用量或缩短硫化时间，提高硫化作用，可加一些活性剂。活性剂也分有机和无机活性剂两大类，有机活性剂主要是脂肪酸、胺类、皂类和有机硫化促进剂衍生物。无机活性剂多为金属氧化物（如氧化镁、氧化锌）、氢氧化物和碱式碳酸盐等。

为了提高橡胶的机械强度（如抗张强度、撕裂强度、耐磨损能力），可加一些补强填充剂，如炭黑等。有些填充剂加后只为了降低成本或改善未硫化胶料的工艺性能（如压出、压延性能）。填补料还有白炭黑、陶土、硫酸钡、碳酸钙等。

橡胶配合剂中还有增塑剂，是增加胶料塑性流动的辅剂，它的作用是降低橡胶分子链间的作用力，帮助其它配合剂在橡胶分子间通过和分散，缩短炼胶加工时间；增加胶料的柔软性、塑性

和自粘性，使压出、压延成型等工序顺利进行。增塑剂还能降低橡胶的耐寒性能和硬度。增塑剂种类也不少，如脂肪油类、松焦油类、石油烃类、合成脂类等。

为防止橡胶被氧化而使橡胶分子链断裂、降解、蛟化或更进一步交联，从而使橡胶发粘、变硬、弹性变差、机械性能变坏，可在橡胶中添加醛-胺反应生成物、酮胺反应生成物、二芳基仲胺、芳香二伯胺、烷基芳基仲胺、多元酚取代酚等防老化剂，防止橡胶老化现象发生。

橡胶添加配合剂，性能大为改善，提高了橡皮布的印刷适性。除此之外，还可在橡胶中添加些颜料，改变橡皮布的颜色。

配好料的橡胶及配合剂在制作之前须先经过处理，配合剂要加以干燥、筛选、粉碎和熔解，橡胶要烘软切成小块进行塑炼，通过两个转速不同的滚筒回转的机械力作用及氧化裂解的作用降低弹性、增加可塑性，这样配合剂就容易匀散到橡胶中。将配合剂和橡胶混炼后的橡胶在滚筒之间通过，被轧成薄片，这种机器叫压延机，有双滚筒、三滚筒、四滚筒等几种。制作橡皮布时，使用压延机的辊子将上述胶料铺在橡皮布的衬底上，多余的胶料用刮刀刮去，胶层的厚度仅有 0.01mm 。如此连续地涂布数层，直到获得非常均匀的适当的厚度（通常是大约 0.6mm 厚）为止。准确地涂布这些胶层是橡皮布生产中最关键的阶段。它一般需要在压延机上通过60次以上的涂布才能达到这个厚度，这样涂布可获得很好的均匀性。压延机上每涂布一层之后橡胶表面都必须硬化一次；在生产一批橡皮布时，硬化每一块橡皮布都需要一星期的时间。

当完成这些制作工序之后，橡皮布要覆盖上布并且紧紧地绕在一个金属桶上，置于蒸气硫化罐中进行硫化。取试样测试其拉伸强度、在定载荷作用下的伸长量、各层间的粘接程度、吸油性和弹性，在这些性质都满足要求之后就可将其裁切为适当的尺寸，并在将来的拉伸方向上作好记号。然后仔细卷好，加以包装。

橡皮布在贮存时始终要让橡胶面对着橡胶面，布面对着布面，不允许使布面对着橡胶面。

根据表面层的胶料不同，橡皮布也有各种品种，如用耐油性好的合成橡胶（如氯丁橡胶、丁腈橡胶等）制作的合成橡胶胶印橡皮布是最常用的橡皮布品种。合成橡胶橡皮布与硫化天然橡胶橡皮布相比有一些独特的性质：有比较好的耐溶剂腐蚀能力，耐久性好，传递油墨特性好。但是在一些方面合成橡胶橡皮布仍然比不上天然橡胶，一些生产厂家仍然在继续进行着研究，希望能克服这些不足之处。

合成橡胶橡皮布的表面胶采用的是氯丁橡胶和丁腈橡胶为主的混合物，或是采用丁腈橡胶与氯乙烯-醋酸乙烯共聚体为主的混合物，在表面胶中要加进一些硫黄、促进剂 CZ、促进剂 TT、促进剂 DM、促进剂 TETD。为了增强橡皮布表面的耐油性，提高强度，需增加一些填充料，如白炭黑、陶土、硫酸钡、碳酸钙等。为了降低橡皮布的硬度，需加一些软化剂，如邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二辛酯、醇酸树脂等。

合成橡胶橡皮布也是由三四层用长纤维棉纱纺织成的织物。它的耐油性比天然橡胶橡皮布要好，因此得到越来越广泛的使用。

橡皮布还可用聚乙烯树脂、低聚合度液态的丁二烯-丙烯腈和适当的起硫化作用的硫的化合物来制成。

聚氨基甲酸酯橡皮布也有人进行尝试，也达到了实用阶段，其在织物表面上涂布的技术也已得到发展。这一类化合物很容易溶解在溶剂中，如丙酮、甲基-乙基甲酮等，这些溶剂使胶液具有一定的粘度，以便于涂布。这种橡皮布的硬化过程既受长期贮放的影响，也受短时间加热的影响，这样生产出来的涂布层粘接性能很好，并且柔韧性也很好。

有的橡皮布表面是一层聚酯类化合物、异氰酸盐、纤维素衍生物和溶剂的混合物，涂布后要在很高的温度下干燥。

有种压印橡皮布的后背不是纤维织物，而是一层薄薄的金属

板，其绷紧在滚筒上在一定的张力下加工到所需的尺寸。这层金属板可以是黄铜的或是镀了黄铜的锌板，厚度约为0.8 mm，金属板和橡胶层用适当的橡胶粘合剂涂布粘合，橡胶层经硫化。

有种橡皮布会排斥水分，这是靠在通常使用的橡皮布表面涂一层经增塑的乙烯基树脂腊克，或是涂一层85%容量的偏二氯乙烯、15%二氯乙烯的混合物，用15%容量的癸二酸二丁酯或邻苯二酸二丁酯增塑。有的疏水橡皮布用硅酮树脂制作，亦有很好的亲墨疏水作用。

双面胶印橡皮布也是一种特殊形式的橡皮布。

还有的橡皮布由两部分组成，其底布粘接与普通橡皮布相同，也是在作为骨架的纤维织物中渗入橡胶，面表面是一种可压缩的纤维素。这种橡皮布只有普通橡皮布的一半厚，上层的纤维素是用一种压敏型的粘合剂粘合的，粘合是在压力作用下进行的，能很容易地粘结在作为骨架的橡皮布上。这种橡皮布在表层损坏时，可以很容易地把这层纤维素除去，再重新粘上新的表层。这种表层的可压缩性比橡胶要好，因此它对较粗糙的表面有更好的适应性，并且不需要很大的压力就可以获得比较大的压缩，而又不会象普通橡皮布那样因压缩过大而产生印迹模糊和重影的现象。

70年代发展起来的气垫橡皮布也是一种可压缩的橡皮布，其结构如图7-1所示。它与普通橡皮布的区别在于除各种织物层、橡胶层外，其中间还有一层充气层。充气层可以做成气槽状的，也可做成微气泡状的，充气层和表面胶层之间是一层坚固的载体层，以加强上下两层的粘结。在压印过程中，气垫橡皮布受压而使体积缩小，体积缩小是靠气槽或微气泡被压缩来实现的。而普通橡皮布受挤压时体积不能缩小，因此就在压印线前后形成凸包，这种凸包不能在瞬间之内平服下来，因而造成印迹网



图7-1 气垫橡皮布示意图

点变形、图文模糊、重影、高调部分再现性不好等问题。而气垫橡皮布则不形成凸包，因而也不会产生这一系列弊病。

第六节　橡皮布的基本特性

橡皮布的性质对印刷质量影响较大，现分述如下：

1.厚度：橡皮布的厚度一般为1.8～1.9mm。这一厚度一般比胶印机上印版滚筒和橡皮滚筒间或压印滚筒和橡皮滚筒间的缝隙小，通过在其下面垫上包衬，而使滚筒之间保证一定的压力，使得油墨顺利传递。有的橡皮布厚度甚至为1.6～1.7mm，这种橡皮布是由三层底布制成的。

橡皮布的厚度中包括三至四层底布的厚度、布层胶的厚度，以及表面胶的厚度。底布的厚度决定于底布的质量，为使底布有一定的机械强度，一般都不使用过薄的布，因此粘结底布所用的布层胶的厚度就受到限制，四层底布加上布层胶的厚度一般控制在1.2～1.3mm，其余的厚度用来涂布表面胶。靠近表面胶的两层底布之间的布层胶较厚，约0.09mm，它可以增加接近印刷面胶层的可压缩性和柔软性。而靠近背面的两层底布之间的布层胶比较薄，约0.02毫米，它只起到粘结底布的作用，中间的布层胶之厚度介于二者之间，厚约0.05mm。表面胶的厚度在0.6～0.7mm之间，如果过薄则弹性不够、硬度太高、印版的磨损加大、印迹不饱满、易起墨杠。如果橡皮布拉紧时表面出现布纹，则会反映到印刷品上。反过来，表面胶层过厚也会使印出的网点拉长、扩展，使画面模糊、印迹移动。

橡皮布张紧之后，厚度会相应减少，减少的数量是靠包衬来平衡的。橡皮布和包衬等在印刷滚筒上的最终厚度，决定着印刷压力的大小，也就影响着印刷品的质量。

橡皮布在滚筒挤压之下，厚度会减少。橡皮布厚度在挤压作用下缩小到未满滚筒上滚枕之高度，就不能保证正确的油墨传递。这样，橡皮布的包衬就要进行修正，使其超过滚筒滚枕之高度。

2.硬度：橡皮布的硬度指橡胶抵抗外物压入其表面的能力，一般用邵尔硬度值来衡量。橡皮布的硬度大致在50～80邵尔度之间。其实橡皮布用邵尔硬度大小表示的数值与橡皮布的压缩性质并没有什么内在联系，因此，邵尔硬度值其实是不足以说明橡皮布的硬度的。但至今未有什么合适的名称来描述橡皮布的硬度。

橡皮布硬度的大小对印刷品的质量、印版的寿命有影响。选择橡皮布的硬度大小可根据印刷方式、油墨的性质、橡皮布周长及精度和印刷机的精度来选择。硬度高的橡皮布，可压缩大约0.08mm，印出的网点清晰、轮廓清楚，使用的寿命较长，适用于在平滑的或涂料纸上印满版活，并且适于印刷长版活，表面胶也很少发生隆起或变粘的现象。比较软的橡皮布可被压缩大约0.12mm，印出的网点变形就比较大，适用于一般的印件，在表面粗糙的纸张上印网点，它们能接受比较多的油墨。但由于硬度大的橡皮布压缩量小，因此要求印刷机有较高的精度，在过去的精度不高的印刷机上，为了弥补尺寸误差给印刷品质量带来的影响，常采用压缩量大的较软的橡皮布。随着印刷机械制造精度的提高，硬度高的橡皮布也得到越来越广泛的应用。不过，橡皮布硬度高，对印版的磨损是较大的。

3.弹性：橡皮布的弹性指橡皮布受压后除去外力能即刻恢复原状的能力。由于橡皮布在印刷时总受到挤压，如弹性不好，则橡皮布受压后不能恢复原来的形状，就不能保证滚筒之间应有的线压力，油墨也就不能得到很好的转移。

4.压缩变形：指橡皮布多次压缩后变形的程度。由于橡皮滚筒每旋转一周，橡皮布就受到一次挤压，对高速胶印机来说，每小时受到的挤压少则数千次，多则上万次。在无数次挤压变形之后，橡皮布会产生压缩疲劳而带来永久变形，橡皮布的厚度也就减少，弹性也会衰减，使橡皮布失去应有的作用。

5.扯断力：指橡皮布受拉伸而断裂时所受的力，这个力主要是由橡皮布中的纤维织物层所承受的，这就要求底布结实、拉伸变形小。一般印刷橡皮布在使用时要受到约1吨重的拉力，为了

承受如此大的拉力，一般都需有三四层底布才能保证橡皮布不受损害。

6.油墨传递性：橡皮布不仅要有很好的油墨附着能力，而且还应当有很好的转移油墨的能力，否则橡皮布上的油墨就会越积越多。油墨传递性指转移出去的油墨量与附着的油墨量之比值。

7.表面平滑度：橡皮布的表面要平滑，其印出的网点才能有清晰的轮廓，不过表面过于平滑的橡皮布，其附墨性也差，油墨转移也就发生困难，而且橡皮布表面过于平滑时，非常容易吸附纸毛等杂质。因此一般又将橡皮布表面作适当的粗糙处理，使其表面均布着无数细小的砂眼。当橡皮布用久后变得光滑，发出釉光时，要用橡皮布净洗剂把表面这层发亮的膜层洗去。

8.表面耐油、耐溶剂性：橡皮布不断地与油墨、清洗剂（如汽油、苯）等接触，这些油墨的油类和溶剂会使橡胶类物质膨胀而影响印刷。如果橡皮布的耐油、耐溶剂性不好，就无法正常印刷。

9.伸长率：橡皮布在一定的张力拉伸下会有少量伸长，其伸长后会使橡皮布松弛、厚度减薄、弹性降低，这样印刷一段时间后，往往需把橡皮布卷紧，以保证一定的张力。不过，厚度减薄后无法保证印刷时仍具有原先的压力条件。因此要求橡皮布伸长率越小越好。

橡皮布伸长率可用下式计算

$$S = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%,$$

式中：S——橡皮布伸长率，%；

l_0——橡皮布原长，单位为 cm；

l_1——橡皮布受拉伸之后的长度，单位为 cm。

10.平整度：指橡皮布厚度不均匀的性质。由于橡皮布加工的误差，其厚度并不是完全相等的。印刷时，这些误差会造成局部压力不均匀，凸出的部分压力大，所压出的墨色深；凹下的部分压力小，所压出的墨色浅。如果凹凸之差超过0.04mm，墨色

不匀就很明显，网点形状也会残缺不全。如果凹下的面积大，会有一大块面积压出的颜色很浅，甚至印不上，这就需要给橡皮布加垫来弥补。而凸出的部分可用浮石粉擦拭研磨掉。

第七节　橡皮布的使用和贮存

印刷车间不宜储备过多的橡皮布，极端地说，有一块作为备用的也就行了。备用的橡皮布在贮存时要布面向外卷好，存放在通风而干燥的屋子里，远离光源和热源以及油类、酸、碱、盐等各种化学药品。一些厂家将橡皮布装在密闭容器中，这些橡皮布在容器中呈垂直放置，不使其受到挤压，容器一端立在地板上。橡皮布存贮的温度最好在20℃左右，相对湿度为70%。

橡皮布的尺寸可以由厂家按国内现有的胶印机的规格尺寸裁切好，也可以由印刷厂自行裁切。由于胶印机的规格繁多，厂家不可能按各种规格进行裁切，一般情况下，还存在自己裁切橡皮布的情况。裁切时应当注意橡皮布各边是否互成直角。如果裁切不规则，安装到机器上之后就不可能保证橡皮布各处所受的拉伸强度一致，因此就会使橡皮布受拉伸长，拉伸后各处的厚度不一致，造成橡皮布脱层、起皱、起波纹、起泡等现象，从而降低橡皮布的使用寿命。

橡皮布生产厂家往往在橡皮布背面的织物上沿滚筒转动的方向织上一条与织物本身颜色不同的线，或者在其上标注箭头。这条色线可以作为检查橡皮布裁切垂直度的一个标记，用以校正那些裁剪得不方正的橡皮布。

在将橡皮布装卡到滚筒上的卷紧轴之前，要在橡皮布对应于滚筒轴向方向的两条边上冲切出两排相互平行的孔，孔的大小略小于夹板螺丝的直径，孔的连线要与背面的标志线成直角。另外，夹板应与橡皮布的边线重合。这样橡皮布才能均匀地绷在滚筒上，否则绷紧后各处受力不一致，会使橡皮布出现不平服的条痕，使衬垫发皱，印出的网点不清晰。可分离的橡皮布夹板可以作为样板来划出要冲切的小孔的位置。孔的位置和大小都需冲压

得准确。新的橡皮布在绷到滚筒上时必须获得准确的张力，为了保证其获得的张力一致，往往把孔的连心线冲切成稍微带些弓形的，其效果更好，这会使橡皮布两边的张紧力稍大些。这一想法的基点是要减少橡皮布上的低点，保证橡皮布中心也能很好地着上油墨。橡皮布上冲切出的小孔的弓形连线的弧度是非常有限的，1 m 长的橡皮布弓形线的顶部只比两端高出 6 mm，1.8m长的橡皮布，其中心与两边只差 8 mm。

将橡皮布装上两边的夹板后，整个纤维织物的一面要润湿，然后将橡皮布织物面朝外卷成一个筒状，并送到印刷机上。橡皮布的下面有垫衬，如毡呢、硬垫纸张，在两根夹板放入橡皮滚筒中应有的位置之后，用专用扳手将橡皮布张紧。

新橡皮布通过印实地版进行测试，检测低点或不均匀的地方，并且通过加垫衬来纠正检查出来的缺陷。在垫衬上相应于凹陷部分都垫上一层纸，这些纸块和垫衬（包括毡呢、硬垫纸张）在整个印刷过程中都是在橡皮布的下面。衬垫要裁切得比整个滚筒长度短（如 25mm），这样可以避免在橡皮布绷紧后其左右两边紧紧地神紧在机器的滚筒面上，防止印刷过程中的杂质、油墨、纸粉、清洗液等进入橡皮布里面，弄脏衬垫边沿，使衬垫变硬，失去弹性，引起滚筒氧化生锈，橡皮布胶层衬垫的裁切长度要长于围绕在滚筒上的整张纸的长度，保证纸张印刷面积下都有衬垫。橡皮布上有些小凸包，发现之后在洗橡皮布时可以用砂纸、浮石粉小心地把它打掉，然后清洗以防止擦伤。小块的低点可以用一个皮下注射器注入一点松节油或其它适当的溶剂到橡皮布中来解决。

橡皮布使用要注意以下几个问题：

①在印版和橡皮布之间施加的压力要适当。

②只有绷得足够紧的橡皮布才可以保证清晰的印刷质量。

③避免滚筒的包衬过厚。

④只有在必要时才对橡皮布进行清洗，清洗要非常彻底，清洗时间最好在每天下班时或节假日休息前一天。

⑤不要让油墨干燥在橡皮布上。

⑥橡皮布使用时也需得到周期性休息，例如节假日期间等，需要把橡皮布松开。

⑦要避开暖气，避开日光的直接照射。

⑧不要将不平的或撕角的，或有折缝的纸张输入印刷机。

橡皮布清洗是清除表面油墨，如清洗不净，油墨残留在橡皮布表层微孔中会影响附着油墨的性能。橡皮布清洗剂是一种用于日常清洗工作的溶液，而橡皮布清洗剂则用于特殊的处理工作，例如去除干燥的油墨、釉光和堆墨等等。

橡皮布应当用流动性好的液体来清洗，也往往用很细的浮石粉来擦拭（特别是出现了小凸包时），长期使用一段时间之后，要将其在一间遮黑的屋子中挂几天，使橡皮布得到恢复（此过程在橡皮布清洗之后进行）。

清洗橡皮布的最好方法是使用双手，用一只手润湿橡皮布，另一只手则立刻把它抹干。假如橡皮布整个泡在清洗剂中，然后再干燥，那么溶剂会渗透到橡皮布中，有时会使橡皮布膨胀。石蜡油、煤油和馏分为260～290℃脂肪族烃溶剂很适于作清洗液，应当避免使用混合二甲苯、甲苯、挥发油和松节油。这是由于上述化合物会造成橡皮布的氧化和膨胀，并且会助长橡皮布进一步的氧化。

橡皮布在使用时可能出现下列故障：

①起泡。表面橡胶层的起泡通常在靠近张紧轴的附近，是由于溶剂的渗透和膨胀而造成的，一旦它们破裂就会在橡皮布表面留下小坑。

②凸痕。橡皮布上有时会出现一条不均匀的凸起部，通常有20～70 mm长，它们常产生于橡皮布的滚筒周向方向上。这是由于对橡皮布的涂布不完全而造成的。

③划痕。比较尖的金属物品很容易划伤橡皮布。这种划痕应当仔细地用一种橡胶溶液来填满，需要修补的地方要象补自行车车胎一样用苯清洗干净，然后将修补橡胶的溶液一层接一层涂在

划痕处，直到填满为止。在涂下一层之前，刚刚涂在划痕处的那一层必须干燥。当清洗橡皮布时对刚修补过的部分应当小心避开。在允许的情况下，可以尽可能地上下移动橡皮布与滚筒之间的相互位置，把有划痕的地方移到没有图文的地方。

④凹痕。油墨的作用可能造成橡皮布上的图文部分明显的收缩而凹上，这会使得印刷品上印迹不均匀。

⑤伸长。橡皮布的伸长是由于纤维织物层的伸长而造成的。产品应当把伸长量限制在每厘米宽度上张紧力为 8 kgf 时伸长量不大于 1%，这样的张紧力符合于橡皮布在印刷期间的平均张紧力。张紧力不均匀会造成橡皮布两端的图文印出来比中间的要深，这可以通过在橡皮布两端冲两排略带弧形的小孔，而不是两排呈直线排列的孔来解决。这样，两端所受的张力比中间略大。

⑥凹凸。使用的油墨不当会造成橡皮布膨胀，从而产生不均匀的挤压，这样印刷时会出现网点重影现象，这些膨胀的区域是软的，并且易于损坏。

⑦橡皮布的边朝印刷表面卷曲，这是由于滚筒上的橡皮布绷得过紧的缘故。

⑧釉光。橡皮布上覆盖了一层坚硬的发亮光的薄膜，这种橡皮布对油墨亲合力很差，印出的墨色很浅。这是由于橡皮布表面吸收了油墨中的成分而膨胀，并且在表面形成了一层坚硬的薄膜造成的，不正确的清洗也能助长这一现象发生。其结果是使油墨中的成分能够更快地渗入橡皮布表面并能使其膨胀。另外，它也会造成压力过大而使印版与橡皮布之间的磨损加大。

大部分印刷工作者常用水和橡皮布清洗剂去洗橡皮布（例如一份丁醇与一份脂肪族烃相混合），水可以除去纸的涂料和其它水溶解的部分，而橡皮布清洗液将除去堆积的油墨和乳化的油墨。橡皮布清洗液有汽油、酒精、异丙叉丙酮、氢氧化钾等。表面发光的橡皮布也可先用水清洗，再用浮石粉擦拭。

⑨橡皮布表面沟痕。这一般是压力调整不当造成的，有时是

因一边夹具卡得不合适而引起的，也可能是由于材料问题，如输入了变皱的纸张。

假如这种现象不严重的话，应当拆下橡皮布吊置，有助于其恢复，但如果情况严重时，则橡皮布应当进行修补。另外，还可通过垫橡皮布来排除这一障碍，具体作法如下：将薄棉纸垫在受影响的区域的橡皮布的下面，薄棉纸的边沿应当弄成毛状，这样就不会有陡峭的边沿。假如有包衬纸的话，薄棉纸最好放在包衬纸和滚筒体之间。这样修理橡皮布只是在密集的实地和单线条的印品中使用效果最好。在浅色的背景下效果比较差，可能仍然要显露出一定程度的痕迹。

⑩软化。油墨中如含有过多的溶剂（例如热固型油墨），则这些溶剂会腐蚀某些种类的橡皮布，使橡皮布发软，好象就要液化似的。这种现象常见于热固型胶印中所使用的橡皮布。

⑪脱胶。有时橡胶会出现脱胶的现象。这可能是由于机油滴在橡皮布边缘上或是因为在清洗时使用了过量的溶剂或是使用了不该使用的溶剂造成的，橡皮布的边缘最好采用让包衬纸比橡皮布的宽度短的方法来保护，一些橡皮布采用密封边缘的方法来延长使用寿命。

⑫在橡皮布上有时有小凹坑、针眼，一般来说这些都是生产橡皮布中所使用的工具的摩擦作用造成的。

⑬橡胶层和背后的纤维织物层之间开胶。这一般是从靠近调橡布皮张紧轴的边缘处开始发生的。它的产生是由于粘合层不适当地硬化或是使用了过多的清洗液和不应使用的溶剂。生产厂家应当采用硫化的化合物去密封橡皮布的边缘以阻止这种情况发展。

⑭有时橡胶一经拉伸就会出现稍微粗糙的多孔的表面，如果出现这种情况，在印刷实地时会导致出现斑点。

⑮橡皮布起皱是由于橡皮布张紧轴的不适当的调整而造成的。

⑯有时橡皮布的表面会变得发粘，这可能是由于橡皮布吸取

了溶剂、油、树脂、干燥剂或其它材料，这些物质可能含在使用的油墨中，也可能存在于清理橡皮布的清洗剂中。这些材料会使橡皮布表面发粘，在印刷过程中会粘起纤维微粒和涂料等。严重的变粘通常是由于橡皮布表面氧化反应而造成的。

在生产的时候往往要在橡皮布中加入抗氧化剂以把氧化减至最小，这些抗氧化剂的作用随着时间及橡皮布的使用和不合适的处理而被削弱。松节油会引起氧化作用而使橡皮布严重变粘。清洗橡皮布的溶剂的选择不应当只考虑到防止膨胀和氧化，还必须考虑它有较慢的挥发速度，这样油墨可以完全被除去并且不会重新沉淀在橡皮上。但挥发也不能太慢，否则溶剂在橡皮布上停留的时间过长会产生渗透作用。另外，橡皮布清洗剂应当含有抗氧化剂以补充那些由于时间和使用而使橡皮布失去的抗氧化剂。

⑰厚度不均匀产生的原因是因为在橡皮布的不同区域中的厚度不同。橡皮布各处的变化不应大于 10.025mm 。整个橡皮布的厚度与标准相比差别不得大于 0.076mm 。

第八节　包覆材料性能的测定

1.硬度：胶辊表面包覆材料（例如明胶、橡胶、聚氨基甲酸酯等等）和橡皮布覆层的硬度是用邵尔硬度值表示的，测量时也是采用邵尔硬度计进行的。对于这些硬度介于邵尔A型 20°～90° 范围内的橡胶以及其它类似的聚合物，硬度计采用的是邵尔 A型硬度计，国家标准“GB531-83　橡胶邵尔A型硬度试验方法”对橡胶硬度的测试方法做了详细的规定。

硬度计的测试原理是将外力（如弹簧压力）作用在一个圆台形测试头（图 7-2）上，测头压在胶辊表面包覆材料或橡皮布表面覆层上，但不得把它们的表面穿透，由于覆层材料在测头的作用力作用下陷下，在刻度盘上就显出表面凹下的深度。邵尔硬度值从 0 ～100，0 邵尔度相当于空气的硬度，而100邵尔度则相当于玻璃的硬度。在我国，用于测试橡胶硬度的邵尔A 型硬度计使

用的圆台形测试头小端直径为0.8mm，锥角为35°，硬度计对试样表面所加的压力为1 kgf。

进行硬度试验时，试样的采取有一定要求，其厚度应不小于6 mm，宽度不小于15mm，长度不小于35mm。如果测试厚度不足6 mm，可以重叠起来测定，但不要超过四层，上下两面要求平行。除此之外，要求试样表面光滑、平整，不要有缺胶、机械损伤及杂质等，试样表面如有杂物要用纱布沾酒精擦净。试样下面应垫上厚为5 mm以上的光滑、平整的玻璃板或硬金属板。

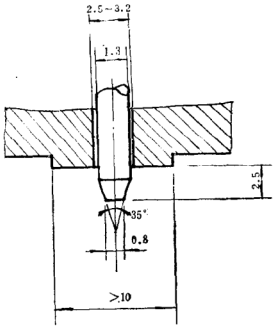


图7-2 邵尔A型硬度计的测试头

测试前先校正硬度计，使其测试头在玻璃表面测试时的刻度值为100邵尔度，在自由状态下，即不与任何物体接触时的刻度值为0邵尔度。然后放下测试头测试试样，测试时的压力需缓慢地增加到1 kgf，这是靠定负荷架辅助向试样表面施加压力的，当负荷增加到1 kgf时立即读数。

测试时，试样上每一点只准测量一次硬度，点与点间的距离不要少于10mm，测试三个点，取中间值作为试验结果。

另一种测试仪是普西-琼斯（Pusey and Jones）硬度测试仪，其测量结果比较精确。其测试是以1 kgf恒定载荷持续1 min时间，测量直径为12.7mm的钢球压入包覆材料表面的深度，以此说明材料的硬度。测试时在辊子上选取几个不同的部位测定实际的硬度值，取其平均值作为测试结果。这种测试仪的刻度为0～100mm，如表面太硬，钢球丝毫不能压入，则读数为零。读数值越高，说明辊子越软。

表7-3　普西-琼斯硬度测试仪测量值与邵尔硬度值之比较

邵尔硬度计	普西-琼斯仪	邵尔硬度计	普西-琼斯仪	邵尔硬度计	普西-琼斯仪
8	285	40	242	72	65
10	265	42	140	74	61
12	252	44	134	76	57
14	242	46	128	78	53
16	232	48	122	80	50
18	223	50	116	82	47
20	215	52	110	84	43
22	207	54	105	86	40
24	200	56	100	88	37
26	192	58	95	90	33
28	185	60	90	92	30
30	178	62	86	94	28
32	172	64	82	96	25
34	165	66	78	98	23
36	158	68	74	100	20
38	151	70	70		

表7-3给出用直径为3.175mm的标准钢球测出的数值与邵尔硬度的对比值。

2.冲击弹性测试：胶辊表面包覆材料和橡皮布表面覆层的冲击弹性可用摆锤式冲击弹性试验仪测试，其测试原理是一个球形的金属摆锤自由落下后回弹，记录下它的回弹高度，计算回弹高度与原高度间的百分比，以此描述变形复原性的大小。

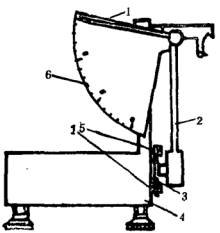


图7-3　摆锤式冲击弹性仪
1-指针　2-摆臂　3-试样　4-底座
5-弹簧片　6-刻度盘

摆锤式冲击弹性测试仪如图7-3示。在测试时，先校正仪器使其水平放置，指针处于零位。将摆臂提起，把试样放在底座上，由两个平行的弹簧片夹住。摆臂从一定的高度落下，当摆锤冲击试样弹起后把摆臂

托住，重复进行。冲击四次后，把指针恢复到零点，第五次冲击时指针所指的读数即是材料的冲击弹性值。

3.抗拉伸强度测试：胶辊表面包覆材料和橡皮布表面覆层的拉伸强度、变形量和弹性模量是在抗拉力试验仪上测试的。测试试样的形状如图7-5所示。试样表面应光滑、平整、无缺陷、无气泡、杂质等，保证测试所得数据的准确性。

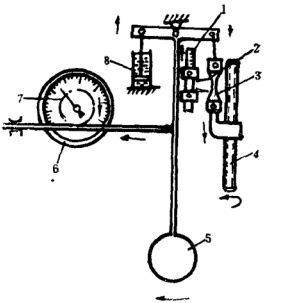


图7-4 抗拉力试验仪

1-测伸长尺 2-测伸长指针 3-试样 4-丝杆 5-摆锤 6-刻度表 7-齿轮 8-缓冲器

抗拉力试验仪(图7-4)的测试原理是，将测试试样夹在测试仪上的两个夹子之间，在测试仪的动力牵引下，夹子以一定速度分开，同时连续地记录下所使用的载荷，在载荷的作用下，试样逐渐伸长，直到其被扯断时为止，测试仪能连续地记录下相应于使用的载荷的试样的伸长量。用下式计算试样的定伸强度（单位kgf/cm^2）：

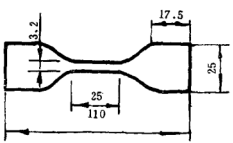


图7-5 抗拉力试验仪试样

$$\text{定伸强度} = \frac{\text{试样在规定伸长率时的负荷}}{\text{原试样工作部分宽度} \times \text{原试样所测最小厚度}}$$

试样的扯断强度可这样计算：

$$\text{扯断强度}(kgf/cm^2) = \frac{\text{试样扯断时所受负荷}}{\text{原试样工作部分宽度} \times \text{原试样最小厚度}}$$

通过记录下的数值还可以计算出：

$$\text{扯断伸长率}(\%)=\frac{\text{试样扯断时的标距}-\text{原试样工作标距}}{\text{原试样工作标距}}\cdot$$

扯断永久变形

$$=\frac{\text{试样扯断后停放3分钟对接后标距}-\text{原试样工作标距}}{\text{原试样工作标距}}\cdot$$

4.压缩变形测试：胶辊和橡皮布的包覆材料的压缩变形的测定就是以一定的频率和一定的变形幅度反复压缩试样，然后测量其变形的程度。这个测试可在橡胶疲劳试验机(图7-6)上进行。橡胶疲劳试验机加压的变形幅度是靠调节偏心轴的位置来实现的，一般为试样原高度的40%。上压板的位置也可上、下调整。将试样夹在上下压板之间，就可开动电动机试验。经一段时间后停机取出试样，放置一分钟，然后测量其高度。用下式进行计算：

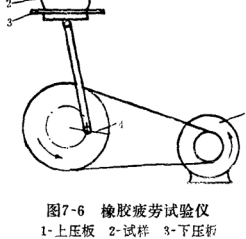


图7-6 橡胶疲劳试验仪
1-上压板 2-试样 3-下压板
4-偏心轴 5-电机

$$\text{压缩永久变形}(\%)=\frac{H_0-H}{H},$$

式中：H_0——试验前试样高度；

H——压缩试验后试样停放一分钟测量出的高度。

包覆材料压缩变形的试验还可这样进行：将6 mm厚、直径为14.32 mm的圆柱体状的试样夹在两张砂纸之间加压，这样做是为了避免试样受压时发生横向运动。加压是在弹簧载荷测试架上两块压板之间进行的。在指定的压力下加压24小时，测试一般在100℃条件下进行。用撤除压力后的试件厚度与测试前的厚度之差占测试前厚度的百分比来表述橡胶的耐压强度和压缩变形量。

5.变形复原性的测试：胶辊和橡皮布的包覆材料的变形复原性指橡胶受力后撤去外力时瞬时恢复原来形状的能力。其测试是

在变形复原弹性仪上进行的。试样为高60mm，底面直径为60mm的圆柱体，或为棱长60mm的正方体。在一定的温度下（如18～28℃）进行测试。压下杆臂使尖针加压作用于试样，指针此时指在零位。15秒钟之后解除外力，自由恢复15秒钟，然后读取指针所指的读数，以此作为变形复原值。

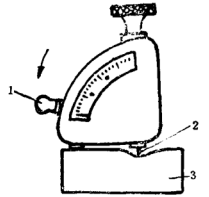


图7-7 变形复原弹性仪外形图
1-杆臂 2-尖针 3-试样

6.弹性模数的试验方法：胶辊和橡皮布的包覆材料的弹性指模数指其受拉伸时其应力与应变之比。弹性模数测试所用的试样有一定的要求，其宽度为10±0.2mm，长度为80～90mm，厚度为2±0.3mm。在试样的中部印有距离为50±0.5mm的标线。试验时将试样准确地夹在上、下两个夹持器上，在下夹持器上挂上一定重量的砝码，使试样受拉伸的负荷为10kgf/cm²。试样在负荷的作用下受拉伸，15分钟时用精确到0.5 mm的测量工具测量试样上两标线间的距离，用下式计算包覆材料的弹性模数：

$$E = \frac{PL_0}{b_0 h_0 (l_1 - l_0)},$$

式中：E——包覆材料的弹性模数；

P——作用在试样上的负荷，单位kgf；

l_0——试验之前试样标线间的距离，单位cm；

l_1——负荷作用一定时间后试样标线间的距离，单位cm；

b_0——试验前试样的宽度，单位cm；

h_0——试验前试样的厚度，单位cm。

为了使试样测试时能够有一定共性，一般要测试几次（如3次），取其平均值作为测定的数据。

7.抗膨润试验方法：橡皮布包覆材料和胶辊包覆材料的抗膨润性是指这些材料在油、酸、碱等液体介质的作用下或是在这些

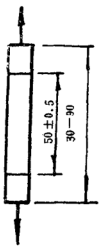


图7-8 弹性模数测试示意

溶剂的蒸气中体积和重量的变化程度。抗膨润性的测试就是测试试样在浸泡一段时间后的重量或体积的增加比率。试验时所用液体介质的浓度、型号应有一定的规定，试验所用的温度、浸泡的时间也有一定的规定，这样测试所得的数据才能有重现性和可比性。

试验可这样进行：称取一定量的试样，精确到0.001g，将试样悬吊于所测试的介质中，在试验过程中，试样不得与容器壁接触。试样测试时间可为24小时或72小时，试样取出后要洗涤干净，测试所用的介质如为酸、碱等，可用水清洗；如果测试所用的介质为油类，则可用汽油迅速洗涤。试样洗涤干净后，晾干。晾干时间约为30～40分钟。然后，用天平称其重量，精确到0.001g，用下式计算橡胶重量增加的百分比，以此说明橡胶抗膨润的性能：

$$P=\frac{G_1-G_0}{G_1}\times 100\%,$$

式中：P——橡胶重量增加的百分比，%；

G_0——试样浸润前的重量，g；

G_1——试样浸润后的重量，g。

为了使试验数据排除试验之误差，一般测试次数不少于3次，取其平均值作为测试数值。每个样品的试验有时需反复进行多次，每次都超过其最大的吸收点。如果时间拖得长，试样体积可能还会有少量增大。此外，这些溶剂也可能使试样析出一些组分，因此试验后还要把试件的外观和物理性质（例如硬度）记录下来。

8.**厚度测量**：可以在L.T.F.橡皮布厚度测量仪（一种架式千分尺）上测量，这种量具上有一个重力压板，可测0～1.5mm之间

的厚度，其刻度为0.001 mm。重力压板在测量橡皮布时是压进橡皮布表面内的，压缩的程度取决于橡皮布的弹性和张紧程度，在张紧的情况下橡皮布能被压进0.05mm。L.T.F.橡皮布厚度测量仪是在压缩负荷下测量的，这压缩负荷是等于橡皮布在张紧情况下进行测量的。测量时要求所施加的压力为一定值，以保证获得能重现和有可比性的数据。

9.抗老化试验：这种试验是用来估价橡皮布和胶辊包覆材料对于由于时间延续而引起变质的抵抗能力的。这种实验根据橡胶在高温及氧气中易氧化变质的性质，用电炉烘烤橡胶（温度为70℃），这时橡皮布所处的环境相当于其实际工作中的最高温度条件。试验时橡皮布是在加压的情况下暴露于氧气中（有时是空气）的。

10.胶辊直径的测量：可以用千分尺在不压缩表面的情况下进行检查。如果在局部范围内直径相差较大，则很可能影响其使用的效果。但是，如果胶辊两端直径同样相差这一数值，而且直径变化是从这一端到那一端逐渐变化的，也就是辊子略呈锥形的话，对使用效果的影响就不那么重要了。不过因锥度引起的胶辊两端直径之差也不要超过0.25mm。

11.胶辊表面误差之测量：这种测量实际上测的是胶辊轴向某一非常窄的面积上的尺寸的一致性。简单的测试方法可以这样进行：将一个钢制的直刮板装在V型铁上，同时胶辊也在V型铁中转动，刮板的刃口与被测胶辊的轴心平行，刃口与胶辊表面正好接触，然后透过光源观察刃口与胶辊表面的缝隙。在不改变胶辊轴心位置的情况下缓慢转动胶辊，光缝就会显示出任何表面缺陷。

在实际测量时，还常用千分表进行，将其固定在某一位置上，其触头用一小滚子所代替，这样就不致于陷入胶辊表面。

大多数辊子芯轴两端都打有中心孔，这样可用来在车床上对辊子中心线进行定位。中心孔必须与轴颈同心。将一钢制的直尺安装在车床的刀架上，使其与辊子轴心线平行，也通过光线观察

直尺与辊子表面的缝隙。用手摇动车床拖板，这样最微小的缺陷也能立刻显现出来。

12.胶辊偏心之测量：可将辊子端面的形状放大20～40倍投影到一个标有刻度的屏幕上，慢慢转动辊子，观察屏幕上影子出现的任何变化。对于芯轴来说，其公差最好在±0.08mm以内，但橡胶辊还要经过磨削，其公差最好在±0.25mm以内。

13.胶辊平衡：胶辊必须经过平衡，以避免在印刷机上过多的磨损。胶辊的静平衡试验可这样进行：将胶辊的轴头装在有滚珠轴承的薄盘上，用手转动辊子，当辊子静止下来时，在辊子的上端作一记号，再次转动辊子，同样标出胶辊静止时最上端的位置。如果辊子转动四、五次都停在同一位置上，说明辊子不平衡，相对于辊子记号的另一侧显然比较重。反之，如果胶辊每次静止的位置是随机的，则说明胶辊完全达到静平衡。

用于极高速运转的辊子还需进行动平衡试验，这需在动平衡试验仪上进行。

14.胶辊磨损试验：可在实际的印刷机上或特别设计的耐磨性试验机上进行。

15.胶层与金属芯轴粘结强度试验：这种试验是破坏性试验，一般是在胶辊生产厂进行的。以将胶辊的包覆层撕下所需的力量大小来说明粘结强度的数值。撕下包覆材料的芯轴还可重新使用。

第八章 装订材料

对于印刷工作者来说，其主要任务是使油墨和纸张紧密地联系起来，而装订工作者的任务却是要将各种各样的材料混成一体，因此，人们常把手工精装的书称为很高级的工艺品。今天，大多数图书的装订生产是在已经成为印刷工业中机械化程度很高的部门中进行的。同时，对技术人员的要求也日益增长，不仅要求知道各种装订方法和工艺，对装订材料的性能的了解也是不可缺少的，只有这样才能有效地选择和控制这些材料。

用于装订的材料主要是纸张和纸板，以及一些纺织品、非纺织品、塑料、皮革等封面用材料。除此之外，需有粘合剂将它们粘合在一起，或用线、带、铁丝将它们固定在一起，有些高级的书籍还需用金箔、银箔等金属箔和粉箔来烫印，现一一加以说明。

第一节 封面材料

一、纸 张

纸张的主要性能我们已在“纸张”一章中加以说明了。印书的纸张一般表面平滑度并不高，纸张相当粗糙，纹理也相当松疏，这是因为表面平滑度高的纸张会产生镜面反射现象，这种反射光会影响读者阅读，因此普通书籍的纸张都不用有光泽的纸张。有些带网版插图的书籍、或者是带彩色插图的书籍其对纸张的要求也不同于只有线条插图或只有文字的书籍。普通的凸版纸就完全适用于大量文字和只带少量线条插图的书籍，而要印刷带细小网点的网目版插图的书籍时，就必需使用定量较大的经压光的纸张，甚至要用涂布的纸张。选用纸张还须考虑到印刷方法，

如采用照排胶印的书籍，使用普通的凸版纸会给操作带来不便。这些纸张在装订中也有不同的装订适性。

而装订用纸就更加复杂一些，用作封面的纸张要使用书皮纸，书皮纸定量较高，纸张较厚、较白，耐摩擦性、耐折度也都要好一些，作为一本书的封面，纸质好坏对读者的第一印象是相当深刻的。其它用于装订的纸张还有：用于书脊衬纸的棕色牛皮纸、加固书脊的白卡纸、用于加固书帖的高级的书写纸、作为半皮面精装或半布面精装的大理石纹纸、蜡光纸等，以及修补残页的薄棉纸等等。

二、纸　板

用于书籍装订的纸板主要有三种：草纸板、粗封面纸板和厚纸板（又称封面纸板）。它们的组成以及制造方法都已在“纸张”一章中谈及。黄色的草纸板刚性好、价格低廉，但其韧性不好，纸角容易折损，而且容易发生翘曲，它适于较廉价的书籍的装订及其耐久性并不是太重要的书籍。

粗封面纸板通常用作纸盒纸箱，较重定量的纸板也用于较高质量的装订。这种纸板是用废纸浆制作的，刚性也比草纸板差，但它们的耐磨性能和耐折度却比草纸板要强得多。粗封面纸板的价格介于草纸板和厚纸板之间。

厚纸板一般用在高级书籍装订中，它是经过高度压光而成的密实的光滑的纸板，耐磨性很好，颜色近于黑色。灰色的厚纸板是用长纤维纸浆制出的，一般是用废纸、麻袋和废麻绳等材料来制作。

纸板的裁切在装订中很重要，其直丝缕方向应和书脊方向平行，以防止书皮翘曲。

三、纺　织　品

用于制作封面的纺织品有棉布、麻布和丝绸织品，其质量好坏在很大程度上取决于原织品的强度。纺织品的形式多种多样，从强度很低的单层装订纱布到用于作封面的双经线的密织亚麻布

等，装订用的纺织品有几十种乃至上百种。不过这些纺织品都是靠织梭带着纬线穿过交替上下动作的经线而织成的，织成后的织品，经脱浆、清洗、漂白、洗涤、检验，然后裁切成所需的长度。一般纺织品要经过染色，然后用重辊将浆料填充进织物中，或将浆料涂布到纺织物上，最后织物经压光或压纹，使表面达到所需的较好的装饰效果，超过20%含量的填料填充甚至可以改善织物的强度。但是，若在比较单薄的织物中填以高比例的浆料反倒会使织物在折叠时造成填充物的脱落。这些填充浆料一般都是以淀粉为主要成分，因此这样的织物对热和湿度很敏感。织物还可用各种聚合物液体涂布以形成另一类封面装帧用材料，如漆布、人造革等。

现分别对棉织品、麻织品和丝绸织品作一些介绍：

1.棉织品：棉织品的主要成分是棉花纤维，棉纤维中含纤维素94.5%、蜡质0.5～0.6%、果胶质1.2%、含氯物1～1.2%、矿物质1.4%，还有其它一些物质如糖类、有机酸类等等。棉纤维的吸湿性较强，随着温度升高，其含水量下降，当温度超过105℃时，则水分全部挥发。棉纤维的含水量与纸张纤维一样，其含水量也会与大气中的水分含量达到平衡，在其它温、湿度条件下放置一段时间，就能重新达到平衡。棉纤维的吸湿性是由纤维素的结构所决定的，其分子中的羟基（-OH）是亲水性的。

棉纤维加热到105℃时水分消失，150～160℃时纤维发生分解，到250℃时纤维呈暗褐色，再升温则引起燃烧。在日光长期照射下，棉纤维中的纤维素与空气中的氧结合，生成氧化纤维素，这将导致棉纤维强度降低，织物发脆。有人作过试验，日晒时间约一千个小时，强度下降一半。

由于棉纤维中有一定水分，是微生物生存和繁殖的好场所，在温、湿度合适的条件下，微生物会破坏棉纤维，使之水解发酵，最终导致棉纤维变质，常见的曲霉菌和青霉菌是棉布上易繁殖的细菌，都能对纤维造成破坏。

棉纤维对酸的耐抗性很弱，无机酸能使棉纤维素中的葡萄糖

甙键水解，使纤维素分子破裂生成葡萄糖。因此棉织品应防止与盐酸、硫酸和硝酸等酸类接触。但棉纤维耐碱性较好。

棉织物按经纱和纬纱交织方法不同而有几种类别，经纱和纬纱相互垂直的织物称平纹布，经纱与纬纱呈一角度交织的称斜纹布，双层经纱纬纱的是绒类织物。

平纹布又有许多种，根据经纱和纬纱所用支数和排列的密度不同，可分为市布、细布、粗布和府绸。

表8-1　　平纹布的种类及规格

种　类	经纱支数	纬纱支数	经纱密度	纬纱密度
标准市布	23	21	26根/cm	23.5根/cm
普通市布	21	21	23.5根/cm	23根/cm
细　布	32	32	31.5根/cm	25根/cm
粗　布	18	18	25根/cm	24.5根/cm
府　绸	42支双股	34	34.5根/cm	26根/cm

平纹布中各种布类各具特色，细布细洁柔软，布面结头较少，质地比市布轻薄。府绸经纱粗纬纱细，经纱露出面积比纬纱大，比较突出，布面光洁，手感滑爽，轻薄致密，有丝绸之感觉，因而称为府绸。府绸又分全线府绸、半线府绸和纱府绸等，其中半线府绸多，而全线府绸较少见。府绸由于经纬强度不平衡而易在纬纱处破裂。

斜纹织物根据经纱纬纱组织纹路不同、纹路斜角不同、密度不同而有各种布种，如斜纹布、卡其、哔叽、华达呢，其性能详见表8-2。

斜纹布质地比平纹布紧密、厚实，手感也较平纹布柔软，其背面纹路不太明显，故称单面斜纹布。卡其布饱满厚实、坚密硬挺、坚牢度高、不起毛、手感发硬、不柔软、不耐磨，长期摩擦后易露白。哔叽松厚柔软、坚牢度不高，正反面的纹路差别不大。华达呢比哔叽紧密、柔软，手感柔软适宜，无过硬过密的感

表8-2　　斜纹织物品种

布种		组织纹路	倾角	密度
斜纹布		二上一下	135°	经向密度大于纬向
卡其	纱卡其	三上一下	155～163°	经纬密度为2∶1，纹路最窄
	线卡其	二上二下	45～65°	
哔叽	纱哔叽	二上二下	135°	经纬密度1.3∶1，纹路最宽，有人字形感觉
	线哔叽	二上二下	45°	
华达呢	全线	二上二下	60°左右	经纬密度1.8∶1，大于哔叽，小于卡其
	半线			
	全纱			

觉，其斜纹间距较紧密，斜纹突起而细致，组织不明显，耐折叠、耐磨、抗裂断性能等也强于线卡其。

绒类织物常见有平绒和灯芯绒两种。平绒为双层组织织造物。可割断一层经线而起绒，也可割纬线，以割经线为多。割绒后经刷毛机刷毛，使断纱头形成耸立的绒毛。经丝光处理的平绒有丝的光泽，又称丝光平绒。平绒的特点是布面绒毛丰满平整、光泽足；手感柔软、富有弹性；布身厚实、耐磨性好；不易起皱。不过易发生脱绒现象。

灯芯绒为条状绒，由一个系统的经纱和两个系统的纬纱织造而成，其中经纱和一个系统的纬纱组成底布，另一系统的纬纱与经纱组成宽窄不同的带状浮纱，经割绒、刷毛、整理，则在布面上形成耸立的条状绒毛。故又称条绒。根据编织工艺不同，有细条、中条、粗条和阔条等几种。其质地厚实、柔软、外形美观、耐磨性也比较好。

上述这些布种，在印刷业中使用较多的是平纹细布。这一类平纹布经漂白、染色、整饰、上浆，就制成不同颜色的封面用布。国内使用的封面布是直接从市场购入的，并不专门用于装订生产，其一些性能也就满足不了装订工艺的特殊需要。例如缩水

率就是如此。因此有些布料需经防缩处理后再使用。为了使装订用布能具有更完善的装订适性，常用平纹细布做底布，其上再涂布淀粉浆料或聚合物溶液等，使其外观和耐久性能得到改善。

布料的装帧适性归结起来，主要有三种：缩水率、粘结性能和烫印性能：

①缩水率：指布料在水里浸泡一段时间或经过洗涤之后，干燥后的尺寸 l_1 比原来尺寸 l_0 减少的比率，用公式表示，如下式：

$$\text{缩水率} = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100\%.$$

缩水率对装订用布来说是一个非常重要的性能，因为布料一般是用水溶性胶粘剂粘到纸板上的，缩小率大的布料在干燥后收缩，如收缩和纸板不一致，则会使纸板发翘，影响装订效果。由于市场上的布料都是用于服装和其它用途的，其缩水率虽有国家标准（GB411-78），但都不是按装订要求制定的，因此使用时要特别加以注意。下表介绍常用几种布料的缩水率标准，供参考。

表8-3　　经一般整理的棉布缩水率标准

棉布种类		缩水率不大于(%)	
		经向	纬向
丝光布	平纹布（粗、中、细布）	3.5	3.5
	斜纹布、哔叽	4.0	3.0
	纱卡其、纱华达呢	5.0	2.0
	线卡其、线华达呢	5.5	2.0
	府绸	4.5	2.0
本光布	平纹布（粗、中、细布）	6.0	2.5
	纱卡其、纱华达呢、纱斜纹	6.5	2.0

为提高装订质量，可利用树脂与纤维素的羟基起反应，以改变纤维的物理化学性能，达到防缩、防皱、耐久性等效果，树脂可沉积在纤维上，以改善织物手感，这种降低缩水率的整理方法

称为树脂整理。其方法也很多，精装用布的整理最好选用二羟甲基二羟基乙烯脲树脂进行整理，这种树脂与纤维素反应生成新的醚团，游离甲醛含量少，非结晶区域增大，所以缩水率能小于1%。其余几种树脂整理方法也都能使缩水率下降至2%以下。经过树脂整理的布料，其耐晒、耐久性能都有所提高。

②粘结性能：棉花都是靠粘结剂粘到纸板上去的，其粘结性能也就显得重要起来，不过，棉布的多孔性也与纸张相似，涂布胶料很容易渗入纤维之间的空隙中去，胶料干燥后能保证布料与纸板之间的粘结。纤维素的羟基(—OH)能与胶粘剂的活性基团很好地结合，更进一步提高了胶粘性能。再加上纸板的分子结构和棉布也非常相似，给装订用胶的选择提供了较广的范围。

2.丝绸：丝绸以丝为原料，因织造工艺和外表差异，基本可分为绸、缎、纺、绉、绢、葛、锦、绫、罗、绒、呢等几种。装订用丝绸的年代已非常悠久，现在也常用以制作精装书籍封面，多用于珍贵画集的封壳装饰。

丝绸制品织工精细、花色图案逼真、色彩鲜艳、质地优雅，用以装饰高档书籍画册则古色古香，华美典雅，具有独特的艺术价值。

丝绸是用蚕丝织成的，蚕丝是天然的蛋白质纤维，其化学组成因蚕的品种、生长季节、产地和饲养条件等因素的不同而不同，主要是丝朊70～80%和丝胶20～30%，其它成分有蜡质0.4～0.8%，碳水化合物1.2～1.6%，色素0.2%，无机物0.7%。蚕丝是天然纤维中强度较高的一种，沾湿后的强度为干燥时的80%左右。丝朊由很多细小纤维紧密排成，结构也为多孔组织，再加上分子中又有亲水的羧基和氨基，因此吸湿性很强，吸湿量为11～12%，最多可达30%。吸收水分和散发水分都相当迅速。蚕丝含的水分在温度为120℃时慢慢失去，当加温至150℃时，蚕丝分解逐渐散发出氨，同时丝胶凝固而变色。若温度升至235℃时，蚕丝发生炭化，发出臭味。蚕丝的蛋白质在碱性溶液中发生不同程度的水解，pH越大，破坏得越迅速。蚕丝还比较耐酸，

但温度升高浓度增加也会使蚕丝膨胀并溶解。蚕丝长期置于食盐溶液中也会使组织破坏。蚕丝织成的织物与装订有关的性能如下：

①缩水率：用蚕丝织成的织物缩水率不等，小者2％，大则8～11％，一般为5％左右。为了不影响封壳质量，如有可能对丝绸也要进行防缩处理。

②胶粘性能：丝绸织品的胶粘性能也比较好，因为丝绸编织的线是由细小纤维紧密排成的，织成织物后又增添了许多空隙，因此胶粘剂很容易浸入这些小空隙中。同时蚕丝分子含有亲水的羧基和氨基，也容易同胶粘剂亲合。不过丝绸的耐酸、碱性能均不好，需采用中性的胶粘剂。

③烫印性能：一般能满足烫金的温度要求，因为蚕丝至175℃时，其强度、伸长率、色泽才有明显的变化，温度到300℃以上才会开始燃烧。不过烫丝绒类织物时要改变烫金工艺，可采用适当的胶粘剂将绒毛烫平服了再烫金。

④耐磨性：丝绸织品不耐磨，摩擦多了易起毛。

⑤耐霉变性：因为丝织品吸湿性好，因此微生物易繁殖，保存不好则易引起虫蛀或导致霉变等。

⑥耐晒性：因蚕丝分子中含有较多的—OH、—COOH、—NH_2、═NH等基团，耐光性很差，可说是天然纤维中最差的一种，在长时间光照的情况下，强度会迅速下降。

丝绸织品因织造方法不同而有不同品种，这里选几种主要的谈一下：

①绸：以平纹织成或以平纹做地提花而成。质地较细密、不太轻薄。生丝先织后染的是生丝绸，先染后织的叫熟丝绸，平纹上无花的织造方法叫素织，平纹上起简单花纹的叫花织。品种也很多，塔府绸、花线春、双宫绸等。塔夫绸是熟织平纹织物，特点是绸面紧密、绸身细洁、光滑平挺、色泽鲜亮、不易沾染尘土。缩水率为绸缎中最小的，仅为2％。又如花线春是杭州地区的传统产品，为平纹花织绸，绸身厚实、坚牢耐用。缩水率较

大，约在5％左右，容易褪色。

②缎类：以缎纹或缎纹做地提花而成。缎纹指经纬纱交织位置按一定规律分散而使得有较多的经纱或纬纱露在织物的表面（图8-1）。根据织造方法不同可分素织和花织两种，品种有软缎、织锦缎、漳缎等。软缎是生织缎，可为桑蚕丝和人造丝交织而成，素色软缎缎面平整、质地柔软、用途较广。花色软缎色彩艳丽。织锦缎是绸缎中多彩的织物，花色都在三种以上，有的多达七、八色，质地紧密、厚实坚韧、绸身平挺、艺术价值高，在印刷业常用此制作名贵的画册封壳和高档书籍的精装材料。

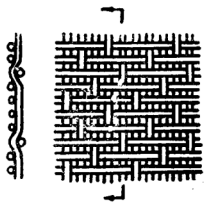


图8-1 缎纹组织

③绒类：指地纹表面的局部或全部有耸立或平排的紧密绒毛的织物，色泽鲜艳光亮，外观美丽大方。品种有丝绒、立绒、金丝绒、乔其绒、漳绒等。例如立绒是桑蚕丝为底布，人造丝起绒的织物，织物柔软、绒彩和顺、结构坚牢，其绒毛采用树脂整理，不易倒伏，又如乔其绒是以蚕丝织成的类同乔其纱的底布，以粘胶丝作起绒经丝，在织物表面起绒的。其质地柔软，绒毛向一个方向倾斜，光彩夺目。品种很多。

绒类织物不宜水洗、重压，以避免表面绒毛脱落和结结，影响外观。用作装帧封面时，工艺加工须十分细致。

3.化学纤维织物：化学纤维的耐磨性好，可为棉纤维的十倍。强度好，又耐酸、碱，不易霉变，也不怕虫蛀，性能很适于装订用布料的要求。不过，由于化学纤维的兴起的时间不长，现在价格也略高一些，因此在装订业尚未得到广泛应用。

化学纤维的种类很多，如粘胶纤维、醋酯纤维、锦纶纤维、绦纶纤维、腈纶纤维、维尼纶纤维、氯纶纤维和丙纶纤维等，遇热会收缩、温度高至二三百摄氏度时就发生熔融。

化学纤维织物中最常用的是绦纶或绦纶混纺的织物。绦纶是合成纤维中性能较好的，其耐摩擦性好、强度大，不易折皱，其制成品不走样，能长期保持原来的性状，还有防缩、耐晒等优点，其吸湿能力也很小。

四、经涂布加工的装订用布

由于棉布作为装订材料还有许多不完善的性能，因此，目前采用各种聚合物溶液对装订用布的表面进行涂布加工，使其具有更好的耐油、耐水、耐脏等性能。这些聚合物最原始的是淀粉基涂料，后来采用的是硝基清漆、乙基纤维素、聚氯乙烯和合成橡胶等。这些聚合物溶液中含有适量的颜料或有机染料，用压辊涂布到布料表面，靠压力挤入布料的纤维中，再通过干燥处理，使其中的溶剂挥发掉，有的表面再涂布一层无色的硝基清漆层，最后还可在压辊上压出花纹，使其更富有装饰效果。

1.涂布淀粉基涂层的装订布料：用平纹棉布或粘胶混纺的纱织成的布作为底布，在其一面或两面涂上加有各种聚合物或不加聚合物的淀粉高岭土层，在很大程度上改善了封面用布的外观和耐久性。涂完淀粉高岭土层后，棉布的织纹和颜色尚能保留下来，表面无光泽，可在布上印墨和烫金。由于其使装饰的范围大为扩展，因此，在国外很受书籍装帧设计人员的欢迎。不过，其表面膜并不耐水，沾水后易失去原有的优良外观，同时也较易沾脏。涂布的淀粉胶膜并没有完全遮住织纹，也无法完全掩盖布面的缺陷。而且淀粉层要消耗粮食类原料，如果贮藏条件湿，则易发生霉变，同时淀粉基的涂层对热也很敏感。

2.漆布：是以平纹棉布为底布，在表面涂布一层具有一定厚度的色层和漆类膜层而制成的。有些漆布还可用压辊压出花纹。漆布从外表看很象天然皮革。

漆布有良好的尺寸稳定性、耐摩擦性、耐折叠性和防湿性，可经久贮藏，不怕虫蛀，是装订常用的封面用材。其弹性很高，因此在将其粘到纸板上去时，需用粘度很大的胶（如骨胶）才

行。另外，漆布表面的硝基清漆是使用蓖麻油作为增塑剂的，这会大大降低印在封面上的油墨的干燥速度。而且压刷和烫金时需用很大的压力克服漆布的弹力，从而易产生印迹溢出、扩大的情况。

漆布的结构分为三层，最下面一层为底层，底层是保证漆布的几何形状的，其好坏影响装订加工的性能。底布幅宽 80cm 左右，布面应细洁柔软，棉结杂质较少，质地较薄但要结实耐用。漆布的中间层为色层，是由色料与粘结性能较好的物质配成的，如聚氯乙烯树脂加增塑剂；或是硝基清漆（或其它漆类）加上一定量的碳酸钙、钛白粉、立德粉等填充料，以蓖麻油为增塑剂，还应适当加一些樟脑油或其它物质作为防腐剂。该色层的作用是改善底层的性能，并增加美观。漆布的最上面一层是保护层，是以硝基清漆或其它漆类为主体，加入一定比例的赛璐璐和其它辅剂混合而成，涂布在色层之上，增加色层的光泽，因此又称为光层。这一层还能起保护色层的作用，因为硝基清漆会渗入到色层中去，它还会加强布基与色层的结合，而在色层外表的那一层清漆能抗水、抗胶，而且不易发霉。不过，保护层清漆会使材料的粘性增高，会使书籍封面与封面之间、封面与内衬页之间发生粘连。

漆布的外观指标要求是表面平整、光滑，压出的花纹清晰，无孔无其它表面缺陷。要求漆布的硝基清漆层没有粘性、与底布结合牢固、经反复折叠不出现裂纹。色层带色物质不应游离而产生别的色相。漆布耐光耐热性也是很重要的指标。

漆布生产时需用布料和价格昂贵的有机溶剂导致其价格提高而限制了它的使用，而且有机溶剂毒性和生产时的劳动条件差也使漆布生产受到阻碍。

3.露底布：经 C.M.C. 有机硅溶液涂布处理的棉布，其纬经线的交织缝隙间则嵌以一定的颜色填料，保留了材料自身表面花纹，给人以庄重、朴素、大方的感觉。这种露底布于1981年开始在上海印刷器材制造厂生产，采用双经单纬的平纹棉布作为底

布，用C.M.C.有机硅乳液(这种水溶性无公害)作涂布液，并掺以两种矿物质颜料，其对棉布不染色，按一定比例调制成浆料。底布在涂布前需用一定浓度的有机乳液处理，涂好浆料后再喷涂一层有机乳液，使其更加美观，也可保护涂料。

五、经涂布处理的封面用纸

为了改善纸张表面性能，提高封面用纸的耐水、耐油和抗脏污性能，可在纸张表面涂布一层聚合物，如硝化聚酰胺、聚氯乙烯等等，从而形成一大类性能良好、外表美观的封面用纸。

1.漆纸：与漆布一样，只不过其底基不是棉布而是纸张，较好的纸基是采用绝缘浸渍纸的。在其上涂布硝化聚酰胺层，可提高其机械强度和其它性能。

虽然涂布后的漆纸与漆布表面上看没有什么区别，但其强度却差得很远，其耐折度、耐撕裂度都比漆布逊色得多。涂布与底基的结合牢度也相差得很远。漆纸在装订的涂胶操作中易发生卷曲，给操作带来很大的不便，采用漆纸降低了装订成本，使它受到了许多出版部门的青睐。

由于纸张比布料的表面要平滑，而且浸透性要小，所以涂布浆料要容易得多，用料也相应减少。漆纸表面可以压花、印刷、烫金，给装帧设计带来很大便利。

现代漆纸在纸基上下了不少功夫，如国外有人采用在硫酸纸浆中加入25～30%的合成纤维进行抄纸，可使漆纸的质量赶上漆布的水平，因此其前景还是相当光明的。

2.乙烯树脂纸：这是一种在纸基上涂布溶融的氯乙烯共聚物（氯乙烯和醋酸乙烯的共聚物）而制得的涂布封面纸。纸基是未漂硫酸盐纸浆纸，在涂布上熔融的聚氯乙烯涂料后，用冷压辊压花，再在凹版印刷机上印上图文，然后用聚氯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、人造胶状二氧化硅和溶剂（如醋酸酯、环己醇或丁酮）配成的上光液上光。用环己醇会使乙烯树脂纸有讨厌的气味，最好用丁酮。

乙烯树脂有足够的机械强度，外观美观，能多次折叠，因此受到装订业的欢迎。不过，只有采用专用油墨才能够印刷，油墨干燥也很慢。而且乙烯树脂纸不易烫印金属箔，因此使用范围受到限制。

乙烯树脂纸的涂层主要是氯乙烯和醋酸乙烯的共聚物（85：15），加醋酸乙烯的作用是使聚氯乙烯料软化。其中还加有邻苯二酸二辛酯或癸二酸二辛酯作增塑剂，同时还加有少量稳定剂、颜料，以及白垩、高岭土等作为填充剂。乙烯树脂纸采用环烷酸镁用作表面活性剂。

凹印油墨主要有颜料以及由醋酸乙烯和溶剂（如醋酸乙酯、醋酸丁酯等）配成的成膜剂。

3.聚氯乙烯封面装帧用纸：这是用 80 g/m² 的铜版原纸作为纸基，在上面涂布聚氯乙烯Ⅰ型树脂或聚氯乙烯糊状树脂等而经压花处理的封面装帧材料。其花色品种多，机械强度较高，加工简便、价格低廉。其耐磨性能、弹性恢复性能及热封性能等均比聚乙烯纸基材料好，很受装帧业欢迎。

聚氯乙烯封面装帧材料是以聚氯乙烯Ⅰ型树脂（粘度为1.9～2.1，一般用于制作电器绝缘材料及软质制品）或以聚氯乙烯糊状树脂（粘度为1.7～2.0，一般用于制作软质塑制品）为主要原料，外加增塑剂、稳定剂、填充剂、稀释剂和颜料等辅助材料作涂料涂布而成的。

聚氯乙烯封面装帧材料面料所用的增塑剂是高沸点酯类化合物，以减弱聚氯乙烯分子间的范德华力，使较硬的聚氯乙烯变得柔软而易于加工，它的加入可使封面装帧材料的表面爽滑、手感好，更适合书籍装帧的要求。常用的主增塑剂是苯二甲酸酯类化合物，并辅以癸二酸酯类化合物以补不足。

聚氯乙烯封面装帧材料面料所用的稳定剂是用来防止聚氯乙烯在高温下分解、氧化、断键、交联等化学反应的化合物，它或者可以与分解出的氯化氢结合，防止氯化氢生成金属氯化物催化降解反应；或者可以置换聚氯乙烯分子链上不稳定的氯原子，防

止分解出氯化氢；或者可以与分子中因分解出氯化氢后生成的双键进行双烯加成反应等。常用的稳定剂为金属皂、铅盐化合物等。

聚氯乙烯封面装帧材料面料中的填充料是用以改变面料的流动性，以改善加工适性的或是增加材料硬度，或是用来改善制品表面的粘性和光泽，一般都使用较便宜的碳酸钙、粘土、硫酸镍等，以降低面料的成本。

另外，在面料中加进些颜料，吸收一部分紫外线，以减少光照老化的速度，由于有机颜料耐光性能差，通常采用无机颜料，如二氧化钛、铬黄、铬橙、镉红、氧化铁红、铁蓝、炭黑等，但也有采用有机颜料如酞青绿、酞菁蓝等的。

用糊状聚乙烯树脂涂制装帧材料要用稀释剂调节糊状树脂的粘度，一般是用沸点在100～200℃之间的烃类溶剂，加工烘干时除去。

4.聚丙烯酸脂类封面纸：是在纸基上涂布用丙烯酸酯类共聚物配制成的色浆涂料而成的封面装帧材料。聚丙烯酸酯类封面纸加工简便、价格比较低、用来代替漆纸。但机械强度较差。

5.织物与纸覆合的封面装帧材料：是用粘合剂把织物材料与纸基覆合加工而成的，保持了织物原来的特色，又增加了封面装帧材料的挺括度，机械强度也很好。

6.封面压花纸：这是以色纸为基材，表面涂上涂料并加以压花制成的。其加工简便、成本低，是低档的封面装帧材料。

7.静面植绒封面纸：在纸基上涂布一层聚氯乙烯或其它粘合剂，用静电方法植上一层化学纤维绒毛，外观看起来象丝绒，有一定挺度，强度良好，而价格却比丝绒织物便宜，用以替代高级的丝绒织物作封面装帧材料，效果很好。

六、非织物封面材料

为了找到一些能代替布料作为封面材料，于1936年发明了非织物封面材料，它不是织造出来的，而是用胶合的办法。

将各种纺织纤维的短纤维束或其它下脚料，浸入合成的乳胶液（如硝化丁二烯橡胶胶乳）中，然后用热压机干燥（温度为150℃），压成薄片即成为非织物，亦称无纺布。这种材料可加以涂布、压平或压纹，可以印刷，可以上光，或压上一层塑料膜，以尽可能改变其表面性能。其没有纵向和横向，这给装订操作带来很大的方便。其受潮时也不会变形或翘曲，因此所用胶粘剂有很大的选择余地。

非织物材料可用作硬封面，也可用作书脊材料。

七、塑　料

塑料及塑料涂布或压膜的封面用布或纸张，在装订行业的用途越来越广。这种材料最常见的是聚氯乙烯塑料(PVC)，这种塑料难于和其它材料粘接在一起，自身也只能靠高频熔接来获得胶合。其最大优点是具有良好的耐水、耐油和抗多数化学药品的性质，因此常用其制作手册的封面，特别是用于化学、机械行业等操作环境恶劣的车间、试验室里使用的书籍的封面。聚氯乙烯材料可作表面压纹处理，增加其外表美观程度。

不过塑料作封面的书籍外观是不够好的，手感也差。但并不影响其特殊的用途。

第二节　皮　革

用皮革装订书籍古已有之，由于皮革装订的书籍具有美观的外表，耐磨性能也很好，因此一直被装订行业用于装帧经常翻阅的工具书籍和其它珍贵书籍，由于成本高，其使用受到了限制。

用于图书封皮装订的皮革种类很多，它们是通过鞣制各种动物的皮而制得的。可用于制皮的动物有：家畜（黄牛、水牛、牦牛、猪、山羊、绵羊、马、驴、骡、骆驼等）、野兽（鹿、麂、黄羊、羚羊、野羊、野猪、袋鼠等）、两栖类和爬虫类（鳄鱼、蜥蜴、蛇、蟒、蛙等）、海兽（海豹、海狗、江豚、鲸鱼等）、鱼

（鲨鱼等）、鸟（鸵鸟等）。装订业用的最多有羊皮、牛皮、猪皮和海豹皮等。这些皮革质地柔软、手感好。其耐折度高，一般可达二三百万次。皮革耐磨，适于做经常翻阅的图书封面。尤其是皮革的花纹富有美感，艺术价值高，深受装帧设计者的欢迎。而每一种革又更具特性：羊皮结实而耐磨，表面可加工成具有醒目颗粒的美丽外表。猪皮较厚、不易弯曲，如鞣制得好则很耐磨。

皮革制作工序繁多，须经三个阶段的三十多道工序。在准备阶段，需去掉原料皮上不需要的头、蹄、尾等，并除去泥污。让生皮浸在加有酸、碱或盐的水中，以除去皮革中的可溶性蛋白质及分散胶原纤维束。准备工作做得好坏，对皮革质量影响很大，如果处理过度，胶原受到大量损失，纤维束分散得太厉害，则成品革上产生革空，革质松、薄，强度也大为下降。如果处理不够，可溶性蛋白未除尽，胶原纤维束得不到应有的分散，鞣制出的皮革则偏硬。

在鞣制阶段，是将鞣料与皮蛋白质结合，以增加生皮中蛋白质的稳定性，提高皮革耐温、耐化学药品和耐抗微生物侵蚀的性能。鞣料是能鞣革的物料，包括矿物鞣料（如铬盐、铝盐等）、植物鞣料（没食类鞣质、儿茶类鞣质）、醛类鞣料（甲醛、戊二醛等）及合成鞣剂。鱼油（如鳕鱼油、鲨鱼油等）含有高度不饱和脂肪酸，为皮吸收后经氧化也有鞣革性能，因此也是鞣料的一种。鞣料不同，鞣制方法也不同，鞣制出的皮革性质和效果也不同。鞣制方法主要有两种：用碱式铬盐的铬鞣法，以及用植物鞣料的植物鞣法。鞣制完的皮革已具有皮革的各种性质，如革身柔韧，弹性好，粒面紧密而细腻，粒纹清晰，颜色深淡均匀，对湿、热性能稳定等等。

整理阶段是进一步改善皮革性能的工序之总称，因皮革的使用目的不同其处理方法也不同，用刮软、搓软、摔软等方法可以提高皮革柔软程度，用压光等方法可使革身变得紧密结实，用打光、熨平等方法可改善革面平整度和光泽，还可用磨革方法制作绒面革。压花、搓纹、套色等可以美化革的外观。

皮革的主要性能如下：

1.抗弯曲的强度：封面用皮革对抗弯曲性能的要求并不高，一般皮革都能满足要求。抗弯曲强度与皮革的柔韧度、厚度、含水量和油脂含量等有关。柔韧度越好，抗弯强度越高，而厚度越厚的柔韧度越差。

2.吸水性：皮革的结构疏松，是多孔性材料，放于水中就能吸水。吸水性与革紧密度、油脂含量以及填充物质有关。如油脂含量多的皮革，吸水性能就不好。吸水性不好的皮革不利于装订的裱糊。吸水性可通过在革上施敷硫酸化油或乳化油等而得到改善。

3.耐热性：与革的湿度关系很大，有些干革在170℃的温度下能耐短时间加热而不变形，而湿革在40～50℃下颜色就会变深，强度也会降低，有变脆的倾向。这一性能是皮革烫印中应注意的问题。

4.耐老化性：皮革多用于装饰一些珍贵的书籍，老化问题对这些要保存日久的书籍来说变得尖锐起来。耐老化性不好的皮革，就不适宜作这类书籍的封面。皮革的耐老化性与皮革加工时遗留在革中的酸有关，也与书籍保存环境中大气中二氧化硫气体含量有关。由于工业污染产生的二氧化硫在皮革中所含的少量的各种金属离子的催化作用下，大大加快了其在皮革中转变为酸的速度。这些酸会使皮革腐烂变质，改变皮革的颜色，降低其强度。

耐老化性还与革内可溶性蛋白质的含量有关。革中含的可溶性蛋白质在贮藏期间会逐渐分解，这也会影响贮藏期限。

制革后，将皮革浸于经稀释的乳酸钾溶液中处理，能使一些防止酸腐蚀的保护物质储于皮革中。许多皮革都用这种方法来延长使用寿命。

5.皮革涂层的耐磨性：为了改善皮革外观，革面可加以涂饰。涂饰质量不好的革在与外界物质摩擦时，涂上的颜料会从革面上脱落下来，主要原因是涂饰剂含量过多、颜料颗粒太粗，在

干摩擦时易掉末，湿摩擦时易掉色。因此涂饰用料的选择大有考究，如染料最好要选择能与胶原牢固结合的染料，油类涂料要加入适量能使阴离子染料固色的阳离子加脂剂等。用乳酪作涂饰的，要在革面上喷涂一层固定剂。

6.外观质量：用于封面装帧的皮革当然要求表面没有缺陷，如不允许革面有龟纹、松面、霉斑、油霜、盐霜、脱色、涂层发粘等现象，革面龟纹指革面上出现的不美观的条纹或圆形粗纹，这是因为革面层与真皮组织结构两者膨胀不一而引起的。革面松面指革面层松弛、或指粒面层与网状层连结不紧的现象，将革向内弯曲约90°，粒面上出现较大裂纹，此裂纹在皮革放平后仍不消失的，就是松面现象。这是由于革的粒面层和网状层间纤维组织受损伤的缘故。霉斑指皮革在湿度大的环境下保存，受霉菌侵蚀而出现的霉斑，轻度的霉斑可擦去，但已影响皮革的外观和光泽，重度的发霉会使皮革脆裂，甚至霉烂。皮革的油霜指革面上形成的白色粉状的油脂渗出物。因原料皮中含的高熔点硬脂酸酯类物质没有除尽，或加脂剂中该类物质含量过多，而在皮革放置期间渗出革面而形成的。皮革表面出现盐霜是因革在酸碱中和后未经充分水洗，使革中含有大量可溶性盐，或者是在鞣制中因加入明矾、芒硝、大苏打而留于皮革中，或者是皮革填充时加入过多的硫酸镁而引起的在皮革表面渗出霜状盐晶体的现象。脱色指染料或植物鞣料与革结合不牢而发生脱落的现象，脱落的色料易沾染他物。涂层发粘指革面涂饰层发粘而易于与其它物品粘连的现象。

这些表面缺陷都是封面用皮很忌讳的，轻则影响书籍的美观，重则丧失使用价值。好的封面用革的革面应光滑细腻，质地紧密，颜色应均匀一致，色彩鲜艳，涂饰层与革面结合牢固，底色能渗入粒面层，并与涂饰层的颜色接近。革身厚度亦应均匀，皮质应柔软丰满而富有弹性。皮革里面应平整无油腻感。

第三节　缝订材料

装订方法很多，其所有的缝订材料也各不相同。如缝纫订和锁线订用的是棉线或化学纤维线，铁丝订用的是铁丝，塑料线烫订用的是塑料线，这些都属于缝订材料，靠这些材料把书页子紧紧地固定在一起而成为书籍、小册子或其它出版物，现一一加以介绍。

一、线

线有很多种，根据纺线的方法不同而有多种：将短纤维通过纺纱工序制出的单股纱，其强度不够，因此还需几股纱合并才成，这一工序叫纺线。将两根或两根以上单纱并合加捻的叫股线，而将两根或两根以上的股线并合加捻的产品就叫作复捻股线。图 8-2 所示就是几种线的形式。

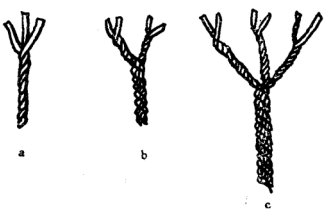


图8-2　线
a-三股　b-四股　c-六股

线的形式还有其它几种，如把两根粗细不同、原料不同、结构不同或色泽不同的纱线捻合称花线，由芯纱和包层纱两组单纱捻成的色芯线等等。装订上不常用这些线。

线纺完之后，有的还需浸入淀粉液中上浆，以使其挺括而不卷曲。

按材料不同区分线也有多种，如棉线、毛线、丝线、麻线、化纤线等，传统装订用的多为棉线，因其强度不够可用亚麻线替代，在化学纤维工业发展起来后，装订业越来越多地使用强度更

高、性能更好的化学纤维线。

1.棉线：用棉纤维纺成的线。过去装订业一直沿用棉线作为锁线用线。棉线的粗细应考虑到书籍厚度，棉线太细的强度不够，棉线穿过纸张后要在书脊上连结起来，如果棉线过粗则在书脊上形成几道高高凸起的棱，影响书脊的美观。棉线粗细的选择还与装订方法有关，手工锁线的就应比机器锁线的线粗一些，甚至机器锁线的线也因机器的型号不同而应选择粗细不同的线。

2.亚麻线：未漂白的亚麻线比棉线强度大，锁出的书籍更牢固，更耐久。因此也受到装订业的欢迎。它是用几股线捻到一起的复捻股线，粗细也各不同。如棉线一样，也有几种型号。一般用于手工装订。

3.化学纤维线：式样很多，常用的有涤纶和尼龙等。化学纤维线是将聚合物在高温高压下熔融后，经过直径只有0.25mm的细孔喷头喷出丝流，凝固后而成纤维，再用其纺成纱线的。化学纤维的强度高，能使用很细的线装订书籍而不必害怕在装订和书籍使用时断线。

尼龙线强度极好，相对来说也比较便宜，但用于装订还是有不足之处的，由于尼龙线弹性太高，在锁线完将线切断时，由于弹性太高而引起收缩而拉回去，最后使书帖变得松弛。与尼龙相比，涤纶在这方面要略好一些，而且强度也极好。将涤纶等化学纤维与天然纤维（如棉花）混纺，则能把化学纤维强度高的优点和天然纤维的优点在一股线中都表现出来。

二、金 属 丝

用于铁丝订的金属丝大都是用低碳钢拉丝制得的，在订书脊厚度很大的书籍时就得使用含碳量较高的铁丝了。其它金属丝还有铜丝、不锈钢丝等，这些金属外表闪闪发亮，色泽也很吸引人，常用于要将金属丝露出来的装订场合。最近几年出现的带颜色的铁丝用于用螺旋装订法装订的书籍之上，装饰效果也非常之好。

1.铁丝：一般都用低碳钢经拉丝而制得。制作时是将炽热的金属坯轧成5mm粗的条材，然后再将条材拉成铁丝，并逐步缩小拉丝盘的孔径进行冷加工，从而拉成所需直径的铁丝。冷作成的铁丝脆而易断，为使其具有一定柔韧性还需加以退火。否则铁丝在订书时不易弯曲成U形，而且易使订书机切断铁丝的刀刃变钝。成品铁丝要求粗细一致、表面光滑且有光泽。

铁丝用于装订期刊、书籍、簿册等，装订方法有平订和骑马订两种，对铁丝的要求也不完全相同。平订订厚书用的铁丝可以粗一些，而且要求有较高的硬度，因此常采用含碳量高一些的钢来拉制。

由于铁丝在潮湿的气候里易生锈，严重的会锈断在书籍之中，从而损坏书页与铁丝接触的部分。因此人们想了很多方法来防止铁丝生锈，最常用的是在铁丝表面镀上一层不生锈的金属，用得最多的是镀锌铁丝。还有镀铜和锡的。最近几年发展起来的在铁丝表面涂以带色的清漆和油漆的工艺，使铁丝既具有防锈的功能，又美化了铁丝的外表，多用于螺旋装订的铁丝之上。

2.不锈钢丝、黄铜丝和其它合金丝：为了改善铁丝容易锈蚀的缺点，也采用一些具有一定硬度、价格也不是太贵的其它金属丝，这样不仅免去了因生锈带来的麻烦，而且具有闪闪发光的外表，色泽也令人喜爱，装在那些需把金属丝暴露在书籍表面上的装订，给人以雍容华贵的感觉。

三、热熔线

最近几年发展起来的用聚合物线订书的方法，采用的聚合物材料是由两种不同熔点的成分组合而成的，其一是在一定工作温度下不会熔融的人造丝，另一种是在此温度下加热时会熔融的聚合物，如丙纶或聚丙烯，这种聚合物能与纸张粘合。材料中有的还含有其它成分，如粘胶等。热熔线利用槽沟粘书帖，可免除逐帖锁线之繁琐工序。由电热元件加热，使其低熔点部分的物质熔融，在瞬间之内将热熔线脚粘合在书脊上，而高熔点的人造丝保

留在书帖背脊上，在装订刷胶时使书帖与书帖之间拉合。

热熔线的主要成份是聚合物，具有不受气温高低和干湿度变化影响的性能。

第四节 烫印材料

用加热的方法将胶粘剂熔融，而把金属箔片或色片烫印到纸张或其它材料表面，以形成特殊的装饰效果，这种烫印方法已延续了好几个世纪，最开始采用的是单张形式的金箔、银箔和其它金属箔，或是金粉等材料，后来在电化铝和粉箔问世之后，人们就转而使用价廉物美的新材料。烫印材料种类很多，自成一大类，这里简述如下。

一、金属箔

金属箔是将一些延展性好的带有光泽和好看外观的金属经过压延而成的极薄的箔片，一般都在其一面预先涂布上虫胶或蛋白胶，然后就可用于烫印了。这一类金属有金、银、铜、铝等，它们都有闪闪发亮的外表，多为金黄色和银白色两大类。

1.**金箔**：在图书装帧上使用金子已经有很多世纪的历史了。金子的外表十分华丽、不容易与空气中的氧结合而失去光泽，最主要的是它是所有金属中延展性最好的金属之一，在敲打辊压之后能形成厚度仅为100nm的箔片。烫金时，过去是把裁切好的金箔贴在事先已刷过虫胶或蛋白胶的地方，然后进行烫印。后来把金箔贴附到蜡质纸基上，在金箔的另一面涂上虫胶，使其能在烫金机上进行连续操作。

金箔颜色带红，也叫赤金箔。金箔柔软细腻、光泽好，不氧化而能长久保持其颜色和光泽，烫出的产品光洁美观。但价格昂贵而只限于在一些经典的、珍贵的高级画册及书籍上烫印，进行装饰。

2.**银箔**：银也是延展性很好的金属，其辗压而成的箔片比金

箔略厚，颜色为银白色，有闪烁的金属光泽。银箔质地也较柔软，可长期使用而保持良好的外表。印迹光洁美观。其价格虽说比金箔便宜，仍然是贵重金属，因此银箔的使用范围也很有限，一般只是较高级的书籍画册才用银箔来烫印。

3.铜箔：以浸蜡的透明纸或聚合物薄膜（如聚酯薄膜）为片基，涂上一层蜡或树脂，再撒上铜粉而制成。撒上的铜粉是用橡胶辊子在蜡或树脂仍虽熔融状时压匀的。这层铜粉有足够的厚度，经橡胶辊挤压之后呈鳞片状，而反射出光来。多余的铜粉用刷子除去，再在铜粉层上涂一层虫胶层。

由于铜的外表很象金子，因此又称铜箔为假金箔。不过，铜在大气中会氧化而发黑，经过一段时间烫上的铜层就会失去其原有的光泽。而且铜粉在使用时易因摩擦而脱落，因此常把铜箔压印到封面的凹处，以减少摩擦，保护铜粉不脱落。



图8-3 铜箔结构示意图
1-胶粘层 2-铜粉层
3-脱离层 4-片基

4.铝箔：铝具有银子一般的色泽，又称为假银箔。其质地远不如银箔柔软，最致命的缺点也是容易氧化而发黑。不过其价格便宜，也得到了一定的应用。

二、电化铝箔

电化铝箔是在薄膜片基材料上真空沉淀上一层金属（如铝）而成的烫印材料。适用于在纸张、塑料、皮革、人造革、有机玻璃等材料上进行烫印，是现在烫金装帧最常用的材料之一。

电化铝箔分四层，以聚酯纤维（又称涤纶）薄膜为片基，在其上涂有醇溶性染色树脂层，然后用真空的方法镀上一层铝，在铝层上再涂一层胶粘剂而制成（图 8-4）。聚酯纤维薄膜起支承这些涂层的作

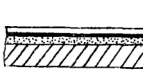


图8-4 电化铝结构示意图
1-胶粘层 2-铝层 3-醇溶性染色树脂层 4-片基

用，对片基的要求只需保证烫金时不因温度升高而熔化，并在烫印压力的作用下能敏感动作，因此采用能耐温、抗拉强度大的、厚度为 10～20μm 的聚酯纤维薄膜。

醇溶性染色树脂层的作用是使涂层与聚酯纤维薄膜能结合在一起，而在烫印温度和烫印压力的作用下，又能使涂层和聚酯纤维薄膜分开，保证图案部分的电化铝箔迅速从膜层上脱下而转印到烫印材料上去。因此可采用蜡或树脂一类的物质，国内采用的有三聚氰胺醛类树脂、471树脂、有机硅树脂等。这些树脂应具有较好的耐水性。醇溶性染色树脂层还有一个作用是改变电化铝的颜色，如加的是黄色色层，则在铝层的衬托下，能显出象金子那样发光的金色。还有其它一些颜色，如红、绿、蓝等，色层的颜色使得电化铝一类材料的品种花色增加，五彩缤纷、美不胜收。这也是金属箔所不能达到的。

铝层的作用是使箔片发出闪闪发亮的光泽，使色层的颜色更增添光彩，铝层是很好的光反射材料，能发出眩目的光辉来，而这正是烫金所追求的效果。铝层是在高真空的条件下，使铝丝在1500℃的温度下熔融升华，然后铝分子沉淀在温度80℃左右的聚酯纤维薄膜表面而形成的，这层铝层是十分均匀的。

胶粘层的作用是使电化铝箔在烫印时能在压力作用之下使铝箔涂层粘到被烫印的物体之上，要求在烫印温度下能熔融，其粘结力比脱离层的粘结力大。胶粘层一般是用聚醋酸乙烯、甲基丙烯酸酯、聚乙烯醇缩醛类或虫胶涂成的，要求能适应纸张、布、塑料、皮革等材料的粘结，其涂层应厚薄均匀。胶粘层的作用还不止这些，保存时它还能起保护铝膜的作用。

电化铝箔的主要性能如下：

①烫印温度：电化铝烫印时能保证质量的烫印温度是一个区间，在某一个温度范围内，电化铝的胶粘层能熔融而粘结到被粘材料上去，而又不致于因温度过高而使电化铝失去其光泽度。这个温度范围一般在 70～130℃之间。烫印温度范围的下限温度越低，则越容易操作，对设备要求也很高；上限温度越高，则越能

保证在一般烫印温度下不致使电化铝失去光泽而丧失金属质感。其温度区间越宽，越便于操作，烫印的质量越能得到保证。这个温度取决于胶粘剂的性质。

②粘结牢度：指电化铝与被烫印材料粘结的牢靠程度。主要取决于胶粘层的胶粘剂与铝和被烫印材料的粘结性质。当然它还与烫印时间、烫印温度和烫印压力有关。调整烫印工艺可改善电化铝的烫印牢度。

③烫印质量：烫印后电化铝层光泽度是否保持不变、印迹清晰与否是电化铝很重要的性质。烫印出的字迹应没有毛刺，这与脱离层和胶粘层粘力大小、涂布均匀与否有关。

④外观质量：好的电化铝，表面应无发花、砂眼、折子、划道，要求涂层涂布均匀，卷取均匀。否则要影响烫印质量。

三、粉　箔

粉箔是在片基上涂布一层由颜料、胶粘剂、高分子助剂（如聚醋酸乙烯乳胶）及溶剂混合而成的涂层。这一涂层可在烫印压力的作用下转移到烫印物体上，形成带色的印迹。

粉箔的片基是一些抗拉力较好的薄片，如半透明纸、用蜡浸过的纸，或者是聚合物片基，如绦纶薄膜等。它的作用是支持粉箔涂层，便于卷取、贮藏和运输。在片基和色涂层之间要涂布一层脱离层，这也是蜡或树脂一类的物质，它要保证色涂层和片基结合，又要在烫印时能使色涂层与片基分开。色涂层里有颜料，颜料是粉箔的主体，有各种颜色。为了使颜料能与被烫印材料紧密结合，需有连结料把色粉包裹起来。连结料是一类聚合物，有醇溶性和水溶性两种，如水溶性的聚醋酸乙烯乳剂等。有些醇溶性聚合物则需加酒精稀释，以利于涂布。由于色粉涂层本身就有胶粘剂，因此往往不必再涂一层胶粘层，不过也常有再涂一层虫胶的，以增强色粉

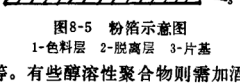


图8-5　粉箔示意图
1-色料层　2-脱离层　3-片基

的附着能力。色层涂布较薄，厚约为0.01mm，薄了则印迹不饱满，厚了将增加成本，也影响烫印效果。

粉箔的烫印温度较电化铝烫印低，对材料适应性较弱，某些型号的粉箔只适应某几种材料的烫印。

四、色　片

在玻璃等平面物体上沉积一层颜料和粘合材料等混合的液层，晾干后剥离于纸上的色片，也可用于烫印。其质地轻而松，强度不高，易折断。操作时要轻拿轻放。不过因其色泽柔和，也是一种很受欢迎的烫印材料。

色层以颜料为主体，掺入有粘合能力的连结料，并加入一定填料混合而成。制作时将玻璃浸入色层溶液中，取出时上面粘有一层涂料，干后厚度约为0.2mm，按一定规格剥离下来，置于纸上就成为色片了。

五、烫印胶粘剂

由于有些金属箔、金属粉末以及粉箔没有胶粘涂层，其本身并不具有与被烫印材料粘合的能力，因此需有粘结能力较强的物质做烫印的粘结剂。在过去的工艺操作中，一般采用蛋白、松香粉、虫胶等，涂布或撒在被粘材料上，然后把金属箔或粉末等覆于其上，加温加压使其固化或熔融而将烫印材料粘结在被烫印材料之上。这些胶粘剂的性质在“粘合剂”一章均有叙述，这里就不加详述了。

第五节　装订用其它材料

一、纱　布

纱布在装订中用于加固书脊之用。它是一种编织稀疏的平纹棉布，有单经单纬的，也有双经单纬的（图8-6）。

纱布经上浆使其硬挺，浆料为淀粉材料，上浆量较大，但不

允许有浆液堵住纱布网眼的现象。也不允许有油渍和其它缺陷。

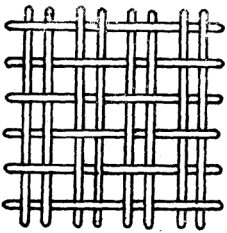


图8-6 双经单纬纱布

二、堵头布

堵头布是粘结于精装书籍书脊两端的带子。带子的一边比整条带子厚，而另一边不加厚，宽约十几个毫米。由不同颜色的丝线和棉线织成，以美化书的外形。堵头布应上浆，上浆量也较大，以保证其平整而不起皱。割断后其边缘不起毛。

书籍两端粘上堵头布后，可提高书籍牢度，防止灰尘落在硬封面和书芯之间。由于堵头布织成几种色彩相间的花纹，美化了书籍的外观。

第九章　粘合剂

粘合剂是一种生活中不可缺少的材料，它往往在人们不注意的地方起着不可忽视的作用。粘合剂已渗入到各个领域，在交通工具、建筑、家具中都是非常引人注目的，在印刷业和包装业也是如此，在制作书籍、纸盒以及一些印刷品中，也是离不开的一种材料。

粘合剂的种类繁多，为某种粘结工艺而选择一种合适的粘合剂并不容易，因为粘合剂的性能是否能与两种要粘合材料很好地结合是不太容易下结论的事。这要经过多次的试验和长期的使用检验才能解决。不过，如果我们对粘合剂的粘结性能有所了解的话，我们的选择范围就可以缩小在一个很小的范围内，这也就大大地减少了试验和检验所需的时间。

第一节　粘结机理

至今为止，还未找到一个放之四海而皆准的粘结机理理论可解释所有的粘结现象。不过，众多的理论还是形成了几个大类的粘结机理。

首先我们可以把粘合情况划归为两大类：一种是依靠粘合剂和被粘合物分子间的吸引力而把物体粘结在一起的；另一种是靠粘合剂渗透到两个被粘物表面的小孔中，靠一种机械力粘合在一起的。这种粘接方法当然只有当被粘物体的表面允许粘合剂渗入的情况才有效，粘合剂一般要求液态时流动性要好，即粘度要低，能渗入到材料表面的微孔中去，而在固化后具有一定韧性，固化在微孔中的那部分粘合剂就象无数的小钩子把被粘物体牢牢钩在一起。纸张、布料都是多孔性物质，其粘结机理主要是这种

机械式的粘合。而粘合剂之间的内聚强度就完全取决于分子间的吸引力了。分子间的吸引力是由于有机化合物分子中因电子分配不平衡而形成的偶极矩引起的。分子中的原子以共价键连接，由于电子分配不平衡使共价键在两个原子之间的位置有偏移，这样就使分子产生偶极矩。分子的正极和负极会与邻近分子的相反极相吸引(图9-1)。这些分子间连接力的强弱可以影响到这些化合物的熔点、沸点和溶解能力，对粘合剂则影响到其内聚力的大小。



图9-1 分子间的吸引力

这种分子间的力称为范德华力，它还可以分成三类：

①偶极-偶极相互作用力，其两个分子都必须具有稳定的偶极矩。

②偶极子-分子相互作用力，当一个有稳定偶极矩的分子靠近一个无极性分子时，会使无极性分子的一端感应出相反的极性来，而相互作用，吸引到一起。

③分子-分子间相互作用力，由于一个无极性分子的电子云的摆动而产生的瞬时极性而和另一个分子相吸引的力。这种力随着该分子的分子量增加而变强。这说明为什么聚合物具有非常好的结合强度。

这三种力中，偶极-偶极相互作用力和分子-分子间相互作用力比较重要。粘合剂如果是极性化合物的，主要是偶极-偶极作用力起作用。明胶、淀粉、聚醋酸乙烯酯等均属此种。根据这个论断，我们可以认为极性物质，如醋酸或乙醇都是很好的粘合剂，因为它们的分子都比较大，而它们有较强的分子-分子相互作用力使得它们的粘接强度变大。我们可以通过比较溶液溶解物质的能力来判别溶剂的极化能力，我们也可以通过比较被粘物的极化作用来判定粘合剂的极化能力。极化物质有的可以作为粘结剂来

使用，有的也可以作为被粘结物质。如纸、酪素、淀粉、聚醋酸乙烯酯、醋酸乙酯、金属氧化物等都是极性物质。而蜡纸、铝、聚乙烯、聚丙烯、苯、矿物油、四氯化碳等，都是非极性物质。非极性物质要用作被粘物时，可想办法对其进行处理使其产生极性，以实现粘接。如聚乙烯薄膜可用电晕处理的方法使其表面产生极化，从而实现粘接。不过印刷业和包装业产品中使用的粘合剂绝大部分是有极性的或含有极性部分的聚合材料。粘合剂的连接强度主要由粘合物和粘合剂分子间的偶极-偶极相互作用力决定的。而粘合剂本身的聚合强度主要取决于聚合物分子间的分子-分子相互作用力。

还有其它几种理论。有的理论说，当粘合剂和被粘材料都是高分子材料时，在界面上的两种材料可能产生相互渗透，而使这一界面成为两种材料混合的一个过渡区域，这样界面也就消失了。这是用扩散和渗透来解释粘接的理论。

有的理论说，粘合剂粘合时，需从液态变为固态，体积或多或少因粘合剂变态时产生内应力而要发生收缩。这个收缩量很大，有的可达10～20%。这个收缩应力使得两种材料粘结在一起。如环氧树脂是单体开环聚合，聚合是化学键结合，收缩不是很大。烯类反应是化学键加成反应，使双键结合变为共价键结合，原子间的距离大大缩短，收缩也就比较严重。如果缩聚时有一部分物质逸出，如气体等，则体积收缩量就很可观。

装订业的说法都这么认为，纸张和粘合剂的一些极性基因结合而成化学键，从而提高了粘结牢度。为了提高其它被粘物的粘接牢度，可以用一些方法在高分子聚合物中接入一些具有反应活性的基因，可以和粘合剂形成化学键的结合。

第二节　对粘合剂的要求

粘合剂首先必须能充分润湿被粘合材料的表面。粘合剂表面润湿的性能是由两者之间的接触角所决定的，因此要求粘合剂的

表面张力应尽可能的低。增强被粘物体表面面积也是增强润湿性能的好方法，对被粘合材料来说，表面略粗糙的反而比表面光滑的可以有更大的与粘合剂接触的面积，也扩大了连接作用的面积，对机械力式的粘合力来说很重要。对同一种表面的被粘材料，也应减少粉尘和油脂对表面张力的影响。金属表面的氧化层不都是象铝的表面氧化层那样牢固，所以在粘接某些金属之前应想法除去一层不牢固的氧化层。而非极性的材料，如聚乙烯等聚合物，用电晕放电、煤气火焰和化学氧化涂剂对聚乙烯表面处理可减小其与粘合剂之间的接触角。

对粘合剂来说，则要保证粘合剂有良好的流动性，使得它能在被粘合物体表面所有的凹下去的地方都能充满，即把被粘物体表面涂满。反应粘合剂流动性的性质为粘度，在许多应用粘合剂的工业领域里，都把粘度值做为粘合剂的一个重要指标。我们已经提到为了具有良好的内聚强度，粘合剂应具有较高的分子量，一般为高分子的聚合物。不过，我们可以用很多方法使得低粘度的液体符合涂布聚合物的需要。固体的聚合物在加热的情况下可以呈自由流动的状态，如装订业常用的热熔胶就是一种。又如聚合物往往可以溶于冷水或热水中而形成水溶液，或溶解在有机溶剂中，或者形成一种乳剂，总之都可以改变其粘度。不过，不管是什么类型的粘合剂，粘度值都应控制在一定的范围之内。对被粘物是吸收性的材料来说，如果粘合剂的粘度过低，则涂上的大部分粘合剂都被被粘物吸收掉了，只剩下寥寥无几的粘合剂留在表面上，也就不足以形成一层强有力的与另一被粘物表面连接的粘合层。如果粘合剂粘度过高，则粘合剂渗入到被粘物的量不够，也不足以产生有效的机械力式的连接，而且粘合剂涂布也有困难。同时应当注意到溶剂型的粘合剂的粘度会随着溶剂挥发而变化，如果粘合剂中的水或有机溶剂有可能蒸发的话，那么粘合剂会越用越稠，如不采取适当的措施，开始粘度适当的粘合剂就可能因粘度过大而出现涂布不匀或粘合剂对被粘合物的渗透不足等一系列故障。

粘合剂要求有一定的粘性，使封面材料能与书芯贴合至少5～8分钟而不致因封面材料回复原来形状的力使两被粘合物脱开接触，这一时间是完成装订工作所必需的时间。粘合剂的粘性主要取决于其内聚强度，粘合剂的内聚强度大才能保证被粘物不会伸展开，但内聚强度过大的粘合剂不易铺开在被粘物的表面上。

粘合剂的粘合强度是粘合剂的重要指标，一般是要能粘牢需粘接的材料。举例说，对封面用布料的粘接，应能达到在撕下封面布料时，能将与封面布料粘接的纸板也带下来一层。而对纸张来说，欲撕下一层纸时，这一层往往剥不全，或把下一层纸也带下来了。

粘合剂的用量应尽量少而又能达到足够的粘接牢度，这就要求涂上的胶膜密实，粘性好。这样不仅可减少用胶量，而且粘接条件也远比厚胶膜粘接的条件优越。

粘合剂的颜色应尽可能透明，如果涂上的胶颜色过深则会使粘贴上的被粘材料，尤其是半透明性的纸张和布料产生变色。而操作不小心，万一在封面上滴上一点暗色的粘合剂就会造成显眼的毛病而影响到产品的外观。

粘合剂应无难闻的气味，粘合时不释放出有害的气体。酸碱性也适中，或为弱碱性，如果胶液中有游离酸或过强的碱性，也会影响粘接的牢度，或者损害被粘接的物质。粘合剂的成分应不含能使油墨褪色的物质，否则也会影响书籍的美观。

粘合剂最好有不霉、不蛀、不怕鼠咬的性能，以保证书籍保存时不受微生物和动物的侵蚀。

粘合剂不仅对成品有各种要求，其工作时的溶液性质也是不容忽视的。粘合剂工作溶液对粘度、粘性和浓度也有一定的要求，这些必须与被粘结材料和粘接条件相适应。例如粘合平滑度高的纸张的粘性可比粘合平滑度低的纸张大一些，粘漆布的胶要比粘封面用布的胶稠一些。反过来说，稠厚的粘合剂中固体含量多，水分少，内聚力大，粘结的强度就高。干燥后容易定形。不

过其流动性差，难以浸润被粘材料的表面，要靠外力刷胶才能使接触面全部浸润得到保证，而且不易渗透到被粘材料内部去。因此稠厚的粘合剂适用于粘接面积较小但需较大粘接牢度的粘结工作，如粘单页、粘环衬、插图、表格等单张的纸页，以及包封面等操作。而稀薄的粘合液则固体含量少、水分多，因此流动性好，涂到被粘物表面后易浸润并渗透到材料内部去。不过其内聚力小、粘性小、粘结牢度也不够强。因此适于粘合面积大的被粘结物，如裱糊封壳、贴卡纸、裱图等工艺操作，也可用于浆书背，可保证涂布均匀，干燥后略有粘力，而书脊在包封后也不致于出现不平的现象。

第三节　粘合剂的种类

粘合剂的原材料来源极为广泛，它们有许多是从天然材料中提取的，例如从动物、植物和矿物中提取的物质。目前又出现了大量的人工合成的粘合剂，其大部分都是聚合物。这些合成的人造粘合剂与天然的粘合材料相比有许多优点，它们不仅有足够的粘合力，保证粘合后有足够的牢度，而且干燥快，能形成近似无色的弹性透明胶膜；除个别种类的合成胶之外，一般都没有什么气味，而且不会挥发出有害气体；其稳定性好，不易发霉变质，不怕鼠咬虫蛀；来源可靠，可随时制备足够数量的胶料；价格也不高。这些优点有助于装订过程的标准化和机械化，保证装订质量，因此在装订行业将逐渐取代天然的粘合材料。

有些粘合剂是溶于水后即可使用的，而有的则是加热融化后才可使用。水溶性的粘合剂成本一般较低、无毒、制作也较简单，对纸张等多孔性材料有较好的渗透性，使用方便，但是因为这一类粘合剂是靠水分挥发来干燥的，因此干燥较慢，往往还需加一套干燥设备才能保证机械化作业连续进行。而热熔型的粘合剂则一旦冷却就能保证粘结牢度，这一过程速度很快，因此适合机械高速装订的需要。不过其成本比较高，也有气味。

印刷和包装行业中使用的粘合剂主要有以下几类：动物胶（如骨胶、鱼胶等）、淀粉质粘合剂、干酪素粘合剂、天然树脂粘合剂（如阿拉伯树胶、虫胶等）、纤维素类粘合剂（如甲基纤维素、乙基纤维素、羧甲基纤维素、硝化纤维素、醋酸酯纤维素等）、橡胶粘合剂（如天然的和人造的橡胶胶乳）、无机粘合剂（如硅酸钠）、合成树脂粘合剂（分热塑型，如聚醋酸乙烯酯、聚苯乙烯、聚酰胺等，和热固型，如环氧树脂、酚醛树脂等）。这些粘合剂有些只在一定范围内使用。由于印刷业最主要的是纸张和纸板，它们是有极性的材料，由于它们的极性和多孔性结构，所以给粘合剂的选择带来很大的便利。大量采用的是简单的水基粘合剂，如动物胶、淀粉质粘合剂或者是合成树脂粘合剂，如聚醋酸乙烯酯。

这些简单的粘合剂一般也就能满足印刷业的需要了，不过有时也会碰到一些棘手的问题，如纸张需要粘结的部分可能覆盖一层干结的印刷墨层或上光油层，也有可能是完全不吸收粘合剂的塑料涂层。此时就必须对被粘材料表面进行一些必要的处理，或者使用很高级的合成树脂粘合剂。这时如果对各种粘合物的材料性能有一定的认识，则能够有助于选择一种价廉而效果好的粘合剂，或者去与厂家商量生产一种合适的粘合剂。

即使在日常的粘结工作中，选择一种合适的粘合剂来进行一种新的粘结工作也不是件易事，并不是在两种被粘合材料表面之间只需找一种合适的物质就行，还需把许多因素考虑进去。如粘合剂的价格、粘结过程的工作特性和粘结产品的耐久性等。对装订工人来说，要了解的是粘合剂本身的寿命、暴露在空气中的期限、粘合剂的粘度，在某种材料上干燥的时间、粘结牢度与时间的关系。还有其它一些小的因素，如粘合剂的气味和毒性，粘结彩色纸张、色布或其它材料时，会不会因粘合剂的酸碱度而使被粘合材料的颜色出现褪色现象。因此对每种粘合剂的性质最好能有比较详尽的了解，根据装订工艺上的一些特殊要求选择适合的粘合剂，并可以此向厂家要求制作有特殊要求的粘合剂，而这些

要求本身也决定了使用和成品方面的性能。

现对各大类粘合剂作一简要介绍。

一、动物胶

动物胶被人们所利用已有3000年以上的历史了。动物胶是通过用热水或石灰浆处理动物的皮、肌肉组织和骨骼而获得的。在处理过程中，蛋白质组织水解而形成溶液，经浓缩、干燥而得固体的成品。成品有几种：

1.骨胶：是硬蛋白质、骨胶原衍生物的蛋白质之总称。其主要成份是明胶朊蛋白质。纯度低的称骨胶或皮胶，纯度高的叫明胶。

骨胶是脆性硬块或凝胶体。由动物皮、骨、角为原料，用石灰水浸泡半个月至一个月，将其中的胶原提取出来，经酸中和石灰水后，加热除去水分并过滤去杂质后，就浓缩成成品骨胶了。胶原是不溶于水的蛋白质，经加热处理后变成蛋白质的另一种形式叫明胶朊，它能溶于热水并具有粘合性能。

骨胶粘结牢固、书籍定形好，能使定形后的书籍的书脊挺括。其干燥速度较快，可用于粘漆布、制作全布面硬封壳、粘书芯纱布等，还可用于掺入其它胶类中以改善性能。骨胶不耐水，遇水则胶层膨胀、失去其粘结强度。其耐腐蚀性能也较差，如果其含水量超过20%时，则易腐败变质。

骨胶形成的胶膜很坚固，并富有弹性，这是由于骨胶的长分子链所决定的，这个长分子链在分子链不断裂的情况下改变本身的排列情况，因此骨胶的弹性很好，如果加入增塑剂（如甘油）可使胶膜的弹性更得到增强。

骨胶在使用前先加体积相等或略多的水浸泡 4 ～10小时，然后加温至65～75℃，使其成胶体。注意不要使水温高于85℃，否则会因分子降解而使粘度下降。

2.明胶：化学成分近似骨胶，但比骨胶要纯得多，因此其熔解温度和凝结温度也不同。它制作时采用的原料也较优等，如尽

量选用新鲜优质的动物皮下脚料及骨头等进行制作。

明胶由长多肽链结构的大分子组成。它的分子量从20,000至200,000不等，还有更大的。

氨基酸（如氨基乙酸：$H_2N—CH_2—COOH$）

$$H_2N—R_1—COOH \quad H_2N—R_2—COOH \quad H_2N—R_3—COOH$$

$$—H_2O \quad \downarrow \quad —H_2O$$

联接为一个多肽键

$$H_2N—R_1—CO—HN—R_2—CO—HN—R_3—CO—HN—\cdots\cdots$$

图9-2 明胶的化学结构

明胶的纯度虽说很高，但仍含有一些增塑剂，如甘油。这些增塑剂仍可从空气中吸取水分，以阻止粘结层干燥过份而变脆。

明胶使用前可加入相应份量的水，在60～70℃时能完全溶解。使用时温度应在60℃以下，这样可以在冷却凝聚的作用下迅速凝固，形成一层胶膜。一般使用温度在40～50℃，在此温度下，明胶溶液仍然是稠而发粘的液体，有助于涂布到被粘物体的表面上去。为防止明胶粘结层干燥后发脆，其工作溶液在使用时还可加入一些甘油；为防胶液发霉变质可加少量防腐剂（如石碳酸）；欲提高粘结牢度，可加入少量硼砂和硅酸钠；为保证胶液在室温下不凝结，可加少量尿素；为消除胶液中的气泡，可加少量蓖晶醇或有机硅液体和磷酸三丁酯。明胶还可与其它胶（如糊精）混用。

3.鱼胶：从鱼皮中提取的粘合剂。特性和使用方法与骨胶类似。除了用作粘合剂之外，还可在照相凸版感光涂层中做为一种辅助材料，过去曾一度使用重铬酸鱼胶涂布作感光层。

二、干酪素胶合剂

干酪素是另一种蛋白质粘合剂，主要用于粘接木材，偶而也用于纸张、皮革和布料的粘接。

干酪素的性质参见第三章“聚合物”。装订用的干酪素粘合

剂是用酸化脱脂法生产的，其溶解性能比较好。吸水膨胀，在碱性溶液中极易溶解而形成有粘性的液体，一般用作冷压的粘合剂。由于干酪素易吸水，保存时应置于通风良好的干燥的室内。

干酪素使用时先加水使其膨胀，再加入一些碱性附加剂使其易于溶解，然后加热、搅拌，使其配成25%的溶液。所加的碱性附加剂可选用硼砂、氨水、氢氧化钠、磷酸钠、碳酸钠、硅酸钠、氢氧化钙等碱性物质。其中因硼砂碱性弱而稳定，而氨水在干酪素液形成胶膜时易挥发掉，则一般以采用硼砂、氨水为好。氢氧化钠碱性过强，不易控制剂量而易使装订材料受侵蚀，而且当干酪素结膜干燥时，会因水分挥发而使胶膜内碱性增加，因此一般不使用氢氧化钠作碱性附加剂。使用氢氧化钙的，干酪素胶膜会随时间增加而越发不溶于水。

由于加了碱性附加剂助溶，因此需考虑溶解干酪素的容器应不受碱侵蚀。可选用塘瓷容器或不锈钢等容器，而忌用铝质或铜质容器。

为防止干酪素变质，需加入一些防腐剂，以利长时间保存。

干酪素来源贫乏，价格又高，现已渐渐失去其实用价值，最多是和其它一些粘合剂混用。

三、淀粉基粘合剂

淀粉基粘合剂可广泛用于粘接纸张和纸板。这是一类从植物的种子、茎杆、叶、根和块茎中提取的淀粉材料。不同种类的淀粉可从不同的植物中提取，其中包括小麦、玉米、马铃薯等。淀粉是碳氢化合物，有类似葡萄糖的六边形结构，通过氧原子连接在一起（图9-3）。

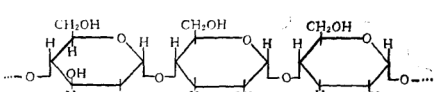


图9-3　淀粉分子的部分结构

由于淀粉聚合物中有很高比例的氢氧根，这样使得它具有很强的亲水能力。淀粉在水中会膨胀而形成凝胶状的溶液。未经处理的淀粉浆糊干燥得很慢，这是因为它的固体含量很低所致。如果把淀粉变为糊精的形式，尽管粘度低，但因固体含量较高而可以获得干燥较快的粘合剂。

淀粉基粘合剂在市场上出售的用水调成浆状的浆糊以及粉末状两种形式。粉末状淀粉粘合剂在使用之前要用水调合，其并没有什么颜色，价格也便宜，不过与其它种类的粘合剂相比，其粘接强度比较低，但这样的粘接强度对纸和纸板来说已是足够的了。因此淀粉基粘合剂常用于制纸袋、生产纸盒和纸板等，在造纸业中也常用作上胶剂。

淀粉基粘合剂粘合干燥后，对水和潮湿空气的抗力较小，易潮解而使被粘物脱落。易发酵、发霉以致腐败，发酵后有酸味甚至臭味，因此常加少量甲醛作防腐剂，使用时也最好现配现用。制作时粘度也不易控制。

1.马铃薯淀粉浆糊：胶粘强度在淀粉基粘合剂中较大，而对装订材料的渗透作用却最小。浆糊颜色很浅，几乎是白色的半透明物体，可调成稀薄不同的液体，太稠则涂布困难。调配时在温度高于80℃时，会逐渐变得透明，呈熔融玻璃状，能拉出很长的丝，涂布在装订材料上形成起伏不平的条状。随调配时温度提高而使胶粘强度迅速下降。调配时加少量硫酸铜能延长淀粉的保存时间。

2.玉米淀粉浆糊：制成后性能不稳定，会很快变稠而不易涂布，涂布后会因析出水分而使纸张和封面布料变形。因此装订工作很少使用玉米淀粉浆糊。

玉米淀粉浆糊在配制时的加工温度为80～90℃，如太低则制成的浆糊太稀且粘接强度差，温度太高则制得的浆糊过稠，浆糊冷却时粘度还在不断上升，最后在冷却过程结束时，浆糊也就不能用了。

3.糊精：糊精是将淀粉加热（如180℃时）使其分子分解而

得的。它的分子也是$(C_6H_{10}O_5)_n$，只不过 n 的数字不那么大而已。糊精不仅可溶于热水，而且还可溶于冷水配成各种浓度的粘合剂。一般用45～50%浓度的糊精水溶液，作为纸张粘结剂。糊精粘合剂干燥后很脆，附着力并不强，如漆布和纸板使用糊精粘合剂粘结，则干燥后很容易从糊精胶层揭开。

糊精配制时可加入1～2%的甘油，以提高胶膜的弹性，加0.65～1%的硼砂，可提高糊精的粘结牢度。

糊精可与骨胶和其它粘合剂合用，用于粘结封面用布和硬纸。

4.与其它物质混用的淀粉基粘合剂：如在淀粉粘合剂中加2%聚丙烯酰胺溶液制成浆糊，则很适合于精装书芯上封面的粘结操作。又如将土豆淀粉与过氧化钡作用而制成的粘合剂具有与干酪素粘合剂类似的粘接强度，可用于装订工序的各种粘结操作。淀粉与碱作用而制得的淀粉粘结剂粘结性能也很好，有一定的粘结牢度，可用于粘结封面用布。

四、天然树脂粘合剂

绝大多数天然树脂粘合剂都是由一定树种的树干上割开树皮的伤口部分流出的树脂材料制得的溶剂，例如阿拉伯树胶、黄蓍胶。这些树脂主要不是用作粘合剂的，在印刷业，它主要用于平印的制版和印刷部门，它既可用于印版上非图文部分的感光材料，同时也可与重络酸铵混合在平凹版制版过程中用作感光涂层。天然树脂中还有一种不是来自植物的树脂——虫胶，它是东南亚和南亚地区某种树上生长的寄生昆虫的分泌物。

天然的粘合剂都有一共同的缺点：易成为细菌繁殖的场所，特别是在温暖和潮湿的条件下，这些粘合剂会出现细小的霉点，这些霉点从小到大慢慢发展，最后发展成大块的霉斑，并导致天然树脂溶液腐败变质。因此，配制溶液时往往要加一些防腐剂以防止细菌的侵蚀。

天然树脂一般不用作粘合剂，但仍有几种天然树脂类用作烫

印材料的胶粘层，如

1.虫胶：亦称紫胶、干漆。其性能参见第三章“聚合物”。

虫胶不易溶于水，易溶于酒精和碱性溶液，微溶于酯类和烃类。受热能软化，温度较高时会分解。由于其粘结性较强，可用作烫印材料的良好粘结剂。

虫胶片一般溶于酒精中使用，涂布在被烫印材料上可除去表面的油腻物质，并渗入到物体内部，使粘结更加牢固。

2.松香：从松树树干采割而得的树脂。主要成分是松香酸。不溶于水，而溶于酒精、乙醚等有机溶剂。粘结能力强，但性脆，用作烫印材料粘合时，以粉末状使用，能充分进入布料的空隙中，在加温加压的条件下熔化而将烫印材料和布料结合。松香用于烫印漆布、皮革和人造革等材料效果不佳。

五、纤维素类粘合剂

纤维素粘合剂基本上是由纤维素改性的溶液组成。这些纤维素衍生物中包括硝化纤维素和醋酸纤维素等一类物质，可溶于有机溶剂，可作为防水粘合剂使用。还有一类可溶于水的纤维素衍生物，如甲基纤维素和羧甲基纤维素，可用作纸张和纸板的粘结，可不使纸张变色，而且还可用作造纸时上胶和涂布溶剂。羧甲基纤维素可在平版印刷时代替阿拉伯树胶。

1.羧甲基纤维素粘合剂：实际上为羧甲基纤维素的钠盐，是纤维素和乙醇酸的醚。干燥后，粘结性能很强，胶膜弹性好，无色透明，无味无毒，保存性能稳定，不发霉变质、不怕鼠咬虫蛀，是淀粉基粘合剂的代用品，可用于粘结纸张和其它装订材料，装订业常用于粘插图、插页、衬纸、手工上封面等操作工序。

羧甲基纤维素国外有成品出售，国内多用工厂里裁切的纸边自行加工。其加工方法很多，原理大同小异，一般是将纸边用烧碱处理，用氯乙酸和纯碱配成的氯乙酸钠醚化剂进行醚化，再经中和加水而成。由于其原料来源广，因此在装订行业得到广泛应用。

羧甲基纤维素粘合剂干燥速度比淀粉基粘合剂低。其与聚乙烯醇等其它胶粘剂混用可获得较好的效果。

2.甲基纤维素粘合剂：甲基纤维素是纤维素和甲醇的醚，为白色或米黄色的片状物。能溶于冷水中，溶解时表面张力降低。50℃时胶液会凝结，但冷却后又会恢复原先的溶解性。无毒，胶膜对细菌有高的抗性，对紫外线也很稳定。甲基纤维素水溶液的粘度随其聚合度不同和其含甲氧基基团的数目不同而不同。

印刷业用于制作精装平装上封面，胶液易于涂布，配制时可加磷酸三丁酯以防止起泡。

六、橡胶基粘合剂

橡胶基粘合剂是浅棕色溶解在有机溶剂中的粘稠溶液，或者是粘度较低的乳白色溶液。橡胶一般是以胶乳状天然存在的，它是从橡胶树树干上割开的口中流出的。它的化学结构介于热塑性聚合物和热固性聚合物之间。

天然橡胶粘合剂具有很好的粘弹性。初期的粘着性能够很好地保持几个星期以上。这种能保持粘着性的特性可以应用于自粘信封和其它压敏粘结的印刷产品中。

橡胶溶液非常容易燃烧，使用时应十分小心。

橡胶乳胶粘合剂易与水混合，通常呈碱性。

橡胶粘合剂对于各种表面都能提供良好的粘接，即使是其它粘合剂很难胜任的粘接操作，如上面覆有油墨、调墨油、清漆上光油的纸张的粘接，或是铝箔、塑料等的粘接，都能很好地完成。人工合成橡胶粘合剂有较好的防油性能，并有防化学药品、防日晒等特性，在这几点上比天然橡胶粘合剂要强，但其弹性、粘着性和粘着持续时间却往往不如天然橡胶粘合剂。

七、无机粘合剂

硅酸钠是印刷和包装工业中唯一比较重要的无机粘合剂，一般是呈水溶液状态在市面上出售。其水分丧失之后会很快凝固。

其主要用途是生产瓦楞纸板。也可用于制作商标，在纸张上粘结铝箔等。

硅酸钠是无色、青绿色或棕色的粘稠液体或固体。其分子式是 $xNa_2O \cdot ySiO_2$，随着成品内氧化钠和二氧化硅的比例不同，其物理性质也不同。如含钠越多的碱性越大，越容易在水中溶解，溶液也越粘。溶解固体硅酸钠时，少量水反而比多加水易溶，在冷水中只微溶或不溶，可在压力作用下与水共同加热而制成水溶液。

贮藏时宜储于阴凉、干燥的地方。

八、合成树脂粘合剂

合成树脂粘合剂的种类几乎和合成树脂本身的种类一样多。我们已经谈到化学物质的分子可以通过加成或缩聚反应而连接为聚合物的大分子，它们或是长链结构或是网状结构，长链聚合物具有热塑性能，在加热时物质会软化，而冷却时又重新硬化。这一类聚合物用作粘合剂的情况比较多，一般是将其制成溶解在有机溶剂中的溶液，也可以以水乳胶或热熔胶的形式加以应用。这一类材料中最重要的是聚乙烯树脂粘合剂。

而聚合物具有三维网状结构时称为热固性材料，它们只有在聚合反应过程中才有流动性，而反应过后就会出现不可逆硬化。因此，热固性树脂粘合剂一般是以部分聚合的状态出现的。其靠加热或是催化剂的作用发生固化，催化剂可以是粘合剂内部的，也可是粘结时加进去的。不过，在装订和包装中，热固性树脂粘合剂的使用范围却很有限。

1.聚醋酸乙烯粘合剂：这是一种加成聚合物，由简单的单体聚合而产生，如醋酸乙烯酯单体。聚醋酸乙烯粘合剂的醋酸根的高级性使树脂对许多物体的表面都具有极好的粘合作用。其分子量从小到大分布范围很广，分子量低的聚醋酸乙烯粘合剂的粘着性较好，而分子量高的聚醋酸乙烯又有较好的粘结强度。为了改进这种粘合剂的稳定性，可加入少量聚乙烯醇。这种粘合剂可与骨胶、羧甲基纤维素粘合剂等混用，以调节和改善聚醋酸乙烯粘

合剂的性质和使用用途。为了某些特殊用途，不同的聚醋酸乙烯粘合剂可加入不同的增塑剂、硼化剂和溶剂。或者还可将此类粘合剂作改性处理，以使粘合剂有较高的耐寒性。这一类粘合剂可用水加以稀释，不过稀释时要注意其含水量的微小变化对本身的粘度值都会产生影响。如稀释用水过多则易发生沉淀。

象合成树脂粘合剂一样，聚醋酸乙烯粘合剂有很好的防霉防虫蛀的性能。无毒无味、能耐稀酸、稀碱，粘结能力很好，很适用于粘结多孔材料(如纸张、布料、皮革、木材等)，在印刷装订和包装业中应用很广，可用于无线胶订、粘单页、配页后的浆背、上封面、精装书胶背、粘堵头布和纱布、裱糊精装书壳漆布和纸板等、粘接纸板和卷筒纸、生产纸盒、玻璃纸粘合等粘合操作。

聚醋酸乙烯粘合剂干燥靠水分蒸发而进行，其干燥速度与气温、相对湿度有关。干燥速度相对比较慢，用于联动生产装置需装备费用很高的烘干设备，可用红外线、高频烘干装置加热烘干，不过，加热温度不宜过高。

2.丁二烯-苯乙烯粘合剂：这种粘合剂的粘结强度较高，胶膜的弹性好、价格低廉。其初始粘着性可说是完全没有，因此需加入其它胶粘剂以改善其初始粘着性，如骨胶以及少量其它附加剂(如亚硫酸钠)，以提高其稳定性，但会降低其粘性，因此又加入硅酸钠以增强其粘性。

这种粘合剂有异常气味，有时会发泡，从机械上清除陈胶十分麻烦。胶液对皮肤有刺激性，在熬制胶液时会析出有害气体。此胶可与其它胶混用，如羧甲基纤维素等。

3.聚乙烯醇：白色絮状或粉状的高分子化合物。能在水中加热溶解成无色透明的粘稠液体，无毒无味，操作方便，因此在装订中也是经常使用的粘合剂之一。它不是靠单体直接聚合而得，而是通过聚醋酸乙烯酯在碱催化剂的作用下，在醇溶液中进行醇解而得到的聚合物，其醇解充分的是高度结晶的聚合物，耐水性相当好。醇解度中等的水溶性提高，如醇解度继续下降则水溶性又随之下降。聚乙烯醇的聚合度也有一定影响，聚合度大的成

膜性好，粘度也强，不过水溶性差。

聚乙烯醇可与其它胶料混用，以改善粘合性能。如与淀粉基粘合剂混用可改善其结膜性能，提高粘着能力和耐水性。聚乙烯醇还可加入其它物质而改善其性能，如加甘油、聚乙二醇、山梨醇或聚酰胺尿素衍生物等可作为增塑剂使用，加淀粉、松香、明胶、干酪素、粘土或钛白粉等填料可降低成本、调节胶粘速度，加硫酸钠、硫酸锌、硫酸铵或钾明矾等可增加胶膜的柔韧性、提高胶膜耐水性能。

聚乙烯醇不仅可用作粘合剂，还可用于制版感光液，参见“感光材料”一章。

3.热熔胶：热熔胶是不含水和溶剂的，可认为是100%固体的可熔性聚合物。常温下为固体，加热后熔融而变得能流动且有粘性。可用于书籍无线胶订。热熔胶的历史很长，如过去使用的蜡、火漆等皆是。现在用的热熔胶种类很多，有聚酯型、聚酰胺型、聚乙烯醋酸乙烯酯型（EVA）等，用得最多的是聚乙烯醋酸乙烯酯型热熔胶。其颜色根据组成不同也不同，从白色至深棕色不等。不管是能渗透的或不能渗透的物质，它都能在其间产生一个能迅速干燥、并具有较高粘结强度的粘结层。它有以下几个优点：能在冷却过程中立即固化为胶膜，其干燥速度之快，足以满足高速装订的需要；胶膜具有足够的弹性；粘合剂中不含水分和有机溶剂。

热熔胶涂布到多孔性被粘材料上之后，一部分渗透到材料内部去，在压力的作用下，与被粘材料有良好的接触后冷却凝固，有人说粘结时热熔胶分子与被粘物体分子也有一定的范德华力作用。而热熔胶与非极性的被粘材料粘合则粘结强度主要靠胶膜收缩的内聚力，但对粘结强度有所影响。

热熔胶中常加有一定的辅助材料。其除决定胶的主要性能的基料树脂外，还有增粘树脂、粘度调节剂、增塑剂、填充料、着色剂和抗氧剂等。热熔胶的增粘树脂可选用两次加工的松香酯，以增加其流动性，降低热熔胶粘度，防止胶对纸张等被粘材料浸

润和渗透不足，这些能共熔的添加物还可选用改性松香（如氢化松香等）、萜烯树脂等。这些添加物不仅能提高粘合剂的流动性，而且使热熔胶对光、热、臭氧、低温的稳定性也得到改善。为使热熔胶能对被粘材料很好地渗透和浸润，使涂布容易，并调节凝固速度，可在热熔胶中加一些粘度调节剂，如石蜡、微晶石蜡、低分子聚乙烯蜡及其它高软化点蜡。蜡量加入过多会降低热熔胶的抗张强度、伸缩率、粘结强度以及耐寒性。热熔胶中的增塑剂是调节耐寒性的，这是因为热熔胶在低温状态下胶膜易碎裂。增塑剂的沸点一般要在270℃以上，否则热熔胶在工作温度下其增塑剂就要挥发，污染环境。由于热熔胶在200℃左右的高温下易氧化，使颜色变深，可加入一些抗氧化剂如二叔丁基对甲基苯酚等，以减缓老化速度，抑制氧化。热熔胶加入的增白剂或着色剂如二氧化钛，可使其色泽变白。如果热熔胶用于粘结木材，有时还需加一些填充料。

使用热熔胶时要注意热熔胶的软化温度、熔解温度，以及胶的使用方法。热熔胶一般由装在装订联动机上的胶锅预热，然后涂布到经铣背或打毛的书脊上，涂布厚度视出版物的类别、厚薄和开本的不同而不同。

第四节　粘合剂的性能和测试

一、粘　　度

粘合剂的粘度是粘合剂重要的性质之一。粘合剂的粘度直接影响到粘合剂涂布均匀与否，影响到其对多孔性被粘材料的浸润和渗透。粘度低的粘合剂流动性好，涂布时易填满被粘材料表面上的所有微孔，增加了粘结的表面积，不管是机械式的粘结或是范德华力作用式的粘结，增加粘结面积都是提高粘结强度的有效措施。粘度低的粘合剂容易渗入到被粘材料内部，在干燥后能够象小钩子似的钩住被粘材料。反过来，粘度高的粘合剂在这几点就不如粘度低的。不过，由于粘合剂的粘度一低，其固体含量

少．对粘结强度的影响可能更主要一些，有些过稀的粘合剂在涂布到被粘材料上后，就都让被粘材料吸收殆尽，所剩的一点固体就不易形成牢固的胶膜了。

再说，对不同的粘结操作来说，对粘合剂的粘度要求也各不相同。如粘大面积的材料，要求粘度较低的粘合剂，而粘结面积小、粘结强度要求高的则要求用粘度高的粘合剂。对于水溶性或溶剂型粘合剂，随着水分或溶剂的不断挥发，粘合剂的粘度也不断升高，对热熔型粘合剂来说，温度的改变也导致粘合剂粘度改变。而粘度的改变则大大影响着粘结性能，为保证粘结的质量，要求在操作时对粘度进行控制。

粘合剂粘度的测定可以借用油墨的粘度测定方法，因为粘合剂也是容易流动的均匀物质。对粘度较低的粘合剂可用钢球落体的方法测试粘度，选用直径为3.5mm或10mm的钢球，测试方法详见“油墨粘度测试”一节。对聚醋酸乙烯粘合剂和丁二烯-苯乙烯乳胶的粘度可用漏斗法测定。对粘度很高的、呈膏状的粘合剂，可用漫流法检测。

漏斗法测定粘合剂浓度，使用的是特定漏斗，如图9-4所示。

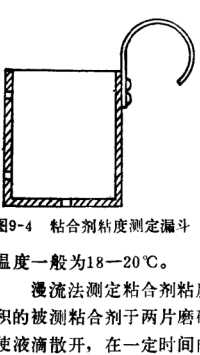


图9-4　粘合剂粘度测定漏斗

漏斗有两个侧孔和一个底孔，侧孔直径为4.25mm，轴向间隔11cm，底孔的直径为9.5 mm。将粘合剂灌满测定漏斗，则粘合剂由漏斗的三个孔流出，当粘合剂液面到第一个侧孔停止流出时开始计时，当液面到第二个侧孔停止流出粘合剂时停止计时，以这一时间间隔做为粘合剂的粘度值。测定时注意温度对粘度的影响，测量温度一般为18—20℃。

漫流法测定粘合剂粘度的步骤是：用医用注射器挤出一定体积的被测粘合剂于两片磨砂玻璃之间，在磨砂玻璃压力的作用下使液滴散开，在一定时间内粘合剂漫开的直径，可作为粘合剂粘

度的指标。要注意温度对粘度的影响，尽量提供一个所需温度的环境，如用恒温箱提高热熔胶粘度测定所需的温度条件。

二、粘　　性

粘合剂的粘性是指粘合剂使被粘材料能互相紧贴而不能脱开的能力。粘性小的，被粘材料粘上之后，由于其本身复原到原先形状的能力大于粘合剂粘力，从而使被粘材料脱开，这样粘合剂只在被粘材料表面干燥而被粘材料就无法互相粘合在一起。为了克服粘性小的粘合剂给粘结质量带来的影响，一般需加外力使被粘材料贴合，这个压力持续时间需大于粘合剂干燥的时间，这样，给装订操作带来很大的麻烦，也使装订联动机的整个节拍变慢，并使机构复杂化，甚至不能应用。

粘性的测试可这样进行：将被测粘合剂涂在被粘材料，或可用牛皮纸来代替，被粘材料的尺寸一定，如可用 152×52 mm 的牛皮纸作为标准测试用纸，粘合剂涂布的厚度和长度也需一致，如涂布厚度为 100 μm，涂布长度为 100 mm，然后把测试纸条贴在可倾斜的平板上（图9-5），在纸条的一端悬一重量一定的重物（如砝码），逐渐增加平板的倾斜度，测量牛皮纸条在一定时间内开始均匀断裂的倾斜角度，用下式计算：

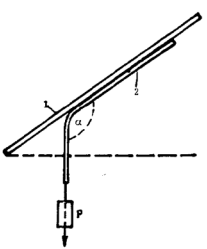


图9-5　粘合剂粘性测试原理
1-测试板　2-纸条

$$A = \frac{P \cdot K}{l},$$

式中：A——被测粘合剂的粘性，单位 g/cm；

P——重物的重量，单位 g；

$K = 1 - \cos\alpha$——与平板倾斜的角度有关的值，可从测试

仪指针的刻度上读出；

l——纸条宽度，单位cm。

根据这个测试原理制出的测试仪如图9-6所示，测试时把测试纸条3贴在测试板4上，砝码2悬挂在纸条3的一端，转动手柄1使测试板4从水平位置逐渐向下倾斜，指针也从零逐渐增大，通过增大测试板4的倾角和加大砝码的重量可使牛皮纸断裂。

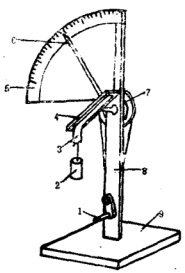


图9-6 胶体粘性测试仪
1-手柄 2-砝码 3-试条 4-测试板 5-刻度盘 6-指针 7-传动轮 8-支架 9-底座

粘合剂的粘性也可用较简单的方法来评价。如在一张被粘材料上涂以粘合剂，贴在一张比其略小的纸板上，将被粘材料的边卷过来贴在纸板上，轻轻压平折痕，如果折过来的边不脱开，可认为粘合剂有足够的粘性。测试是以对比为评价手段的，其留出的边的宽度应一样，例如均留出15mm。

三、涂胶时限

当粘合剂涂到被粘材料表面之后，胶液不丧失其粘性所持续的时间称涂胶时限。涂胶时限对装订联动作业有影响，联动作业的涂胶和上封面并不在一道工序，其间有一时间间隔，如果涂胶时限短，则上封工序就粘不上封皮，一般粘合剂的涂胶时限均能符合要求。橡胶基粘合剂的涂胶时限很长，可用于制作自粘信封等。

涂胶时限的测试可这样进行：剪一块80×80mm的被粘材料，如纸张、封面用布、漆布等，剪去四角，再剪一块50×50mm的纸板，将纸板、布料等涂上胶液，当中放上纸板，开始计时，当时间分别为1、16、120和180秒时，分别将纸张等材料的

四边向纸板折起。将试样在室温条件下放置24小时，扯下粘好的材料，记录取得最好粘结效果的最短时间，一般是以能把纸板带下一层来算是粘结效果好的。

四、粘合剂凝固时间

粘合剂为液态涂布，过一定时间就凝固，如在凝固之前不能及时覆上被粘材料，当然也就无法完成粘结了。

粘合剂凝固时间测试可这样进行：取一张厚约100μm的凸版纸，裁成10×50mm纸条，把标板放在纸上，然后涂上一层厚胶，标板厚为100μm，其上有一9×15mm的长方孔，多涂的胶用刀刮去，使纸上胶层厚度正好也为标板的厚度。将另一张没有涂胶的纸条覆在已涂胶的纸条上，放上2g负荷，开始计时，10秒钟后将粘牢的纸条夹在手动测力计上拉扯（如没有测力计，也可用手扯），如果拉扯开后发现是从胶层中间断开的，则重复做这一试验，但拉扯时间的间隔要延长，直到扯开时不是从胶层处断开时为止。

五、干燥时间

粘合剂干燥时间是这样测定的：将4～6mg的粘合剂干燥到恒重时为止所需的时间定为干燥时间，测试时，使用能迅速称量出微量的阻尼天平。由于温度、湿度对粘合剂的干燥时间有影响，要求测试是在恒温、恒湿的条件下进行的，我们可规定测试温度为12～13℃，相对湿度为60～80%。

六、粘结强度

粘结强度直接影响粘结的效果。粘结强度低的，在不大的外力作用下就会脱开，如果书籍的粘结强度低，甚至在翻阅时都要掉页，这就严重地影响了成品的质量。

测试规定粘结强度是撕开两条粘合在一起的粘合面积为15×20mm的漆布条所需的力为粘结强度，单位用kgf/cm^2表示。测

试时两条漆布尺寸为15×100mm，背面涂上胶，粘合在一起，粘好的漆布条放置24小时后，用手动测力计扯开，求出每平方厘米所需的力（kgf）。

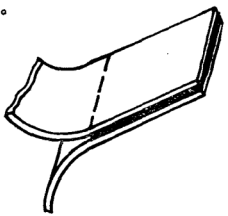


图9-7　试样粘结形式

七、胶膜弹性

胶膜弹性指胶膜作不同角度弯曲时不出现裂纹的性能。胶膜弹性好的粘合剂，可保证粘结的书籍经受得住翻阅。

胶膜弹性是用弹性标尺仪测试的，其测试原理是将胶膜绕着不同直径的圆柱弯曲，检测胶膜弯曲时不出现裂纹的最小圆柱直径，这样需有一组直径不同的金属圆柱体，直径可为20～15和10mm等几种。试样的制取可以这样进行，选用较薄而强度较高的材料，如铝箔、硫酸纸等，在上面涂一层胶，令其干燥。试验时从最粗的金属圆柱体开始进行，用胶膜弯曲时不出现裂纹的最小一根圆柱体的直径作为胶膜弹性的指标。

八、装订适性

粘合剂的装订适性指粘合剂对某一种装订操作的适应能力，它关系到装订工艺的制订，装订机械的设计和调整，以及装订产品的质量。装订适性的测试最好以装订工艺的各种试验来进行。不过，前述几个特性的测试，已经从几个方面得到了一些有用的数据，如粘合剂的涂胶时限、粘合剂的干燥时间等等，这些指标都是对粘合剂的装订适性进行评价的很好依据。